

诺贝尔奖得主科学丛书

自然与古希腊

NATURE AND THE GREEKS
& SCIENCE AND HUMANISM

〔奥〕 埃尔温·薛定谔 著

〔英〕 罗杰·彭罗斯 序

颜 锋 译

上海科学技术出版社



● 诺贝尔奖得主科学丛书

自然与古希腊

原著 埃尔温·薛定谔

翻译 颜 锋

校对 丁凤新

113027-34/1P

上海科学技术出版社

Z
I
R
A
N
Y
U
G
U
X
I
L
A

图书在版编目(C I P)数据

自然与古希腊 / (奥) 薛定谔著; 颜锋译. - 上海:

上海科学技术出版社, 2001.11

(诺贝尔奖得主科学丛书)

ISBN 7-5323-6103-9

I. 自... II. ①薛...②颜... III. 自然科学 - 文集
IV. N53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 079083 号

Nature and the Greeks and Science and Humanism

by Erwin Schrödinger

Copyright © 1996 by Cambridge University Press

Chinese (Simplified Characters) Trade Paperback

Copyright © 2001 by Shanghai Scientific & Technical Publishers

ALL RIGHTS RESERVED

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

常熟市兴达印刷有限公司印刷

新华书店上海发行所经销

开本 850×1156 1/32 印张 5 字数 100 千字

2002 年 5 月第 1 版 2002 年 5 月第 1 次印刷

印数 1 - 3000

定价: 11.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向本社出版科联系调换

内 容 提 要

近来,英美加等国科学家对古希腊科学家阿基米得(公元前 287 ~ 公元前 212 年)遗著《方法》的破译工作获重大突破,他们向全世界公开他们的基本研究成果:阿基米得将抽象数学和物理巧妙地结合起来,后来牛顿猜测的许多问题其实他早已有了具体计算。因此可以这样说:“现代科学姓希(腊)。”与 17 世纪牛顿的积分学重大突破一样,阿基米得和牛顿共同为现代科学奠定了两大坚实的基础。现代科学是物理与数学的结合,从这个意义上看,阿基米得超越了时代整整两千年!

令人惊叹的是,在这一事件之前半个多世纪,以学贯古今的才识和对科学深刻的洞见,诺贝尔物理学奖获得者薛定谔就已认识到当今科学思想源自古希腊,正如伯内特所说的“科学是希腊人的发明;在那些受希腊人影响的人之外,科学就从未存在过”。本书汇编了薛定谔的两本演讲集,包括《自然与古希腊》、《科学与人文主义》。



埃尔温·薛定谔

(Erwin Schrödinger)

1887.8.12 — 1961.1.4

生于奥地利维也纳，1910年获维也纳大学博士学位。曾在苏黎世大学、柏林大学、爱尔兰都柏林高级研究院和维也纳大学任教。他发现了薛定谔方程，创立了波动力学理论，并获得1933年的诺贝尔物理学奖。另著有《生命是什么》、《思想与物质》等。

诺贝尔奖得主科学丛书

自然与古希腊

[奥] 埃尔温·薛定谔 著

[英] 罗杰·彭罗斯 序

颜 锋 译

心灵裸舞

[美] 凯利·穆利斯 著

徐加勇 汤清秀 译

意识的宇宙

[美] 杰拉尔德·埃尔德曼等 著

顾凡及 译



责任编辑 张越伟

姚晨辉

周文峰

封面设计 彬 彬

ISBN 7-5323-6103-9



9 787532 361038 >

定价：11.00 元

目录

自然与古希腊 1

序言 3

第一章 为何追溯古代思想 9

第二章 竞争·理性·感觉 24

第三章 毕达哥拉斯学派 34

第四章 爱奥尼亚的启蒙 49

第五章 色诺芬尼的宗教信仰 爱非斯的赫拉克利特 62

第六章 原子论者 68

第七章 特点是什么 82

科学与人文主义 91

前言 93

科学对生活的精神意义 94

科学的实用成果有掩盖其真正重要性的倾向 101

物质概念的根本变化 102

形式,而不是实体,基本概念 108

目录

我们的“模型”的特性	111
连续描述和因果关系	114
连续体的错综复杂性	117
波动力学的权宜之计	124
所谓主客体之间障碍的崩溃	131
原子或量子——旧名声的解咒,避开连续体的纠缠	135
物理上的不确定性给了自由意志论一个机会吗?	139
根据玻尔观点所作的预言遇到的障碍	144

自然与古希腊

序言

罗杰·彭罗斯(英, Roger Penrose)

我清晰地记得 40 多年前阅读埃尔温·薛定谔(奥地利, Erwin Schrödinger, 1887 ~ 1961)的小册子《科学与人文主义》的情景。那时,我还是剑桥大学的一名研究人员。它对我以后的思想产生了极大的影响。至于《自然与古希腊》这本小册子,出自于早期的演讲稿,但发表时间却要晚一些。我必须承认,当时我并没有见到它。直到最近我第一次读到它时,才发现它是一篇不可多得的文章,文字典雅并且极富感染力。

这两本书珠联璧合。它们的主题彼此密切相关,都是讨论有关“实在”的本性问题,以及自古代以来人类如何从自身角度感知“实在”的方式问题。这两本书文字十分优美,具有独特价值,使我们可以领略到本世纪最杰出思想家之一的精邃思想。薛定谔不仅是本世纪一位伟大的物理学家,给我们带来了以其名字命名的方程(根据量子力学的原理,描述一切物质的基本粒子状态的方程);

序言

而且还是一位对哲学、人类历史以及其他社会性的重大问题都作过深刻思考的哲学家。

在每一篇这样的著作中，薛定谔总是从讨论那些重要的社会性问题入手。这些问题涉及到了科学和科学家在社会中的作用。他清晰地阐明：毫无疑问，科学对现代社会产生了极其深远的影响，但这种影响绝不是进行科学研究的真正原因；而且这种影响本身也不总是起积极作用的。然而，他的主要目的不在于仅仅讨论这类问题。他最关心的是物理实在的本性问题，关心与这种“实在”相关的人类地位的本性问题，以及以往的伟大思想家们是如何在这些问题上达成共识的历史性问题。薛定谔坚信，研究古代历史，应该不仅仅是出于对事实的好奇心，也不应只关注现代思想的起源。在《自然与古希腊》中，他对古代哲学家或科学家们的观点进行了深入透彻的、卓有见识的剖析。并且他还认为，虽然现代科学已经取得了不容置疑的巨大进展，远远超过古希腊人当时达到的水平，但从古希腊人的智慧中，从导致他们产生自己见解的渊源中，我们仍可以直接得到某些启示。对于“我从何而来，又去往何方”这样一个真正深层的问题，人类的思考到底有没有取得真正的进步？薛定谔显然持否定态度。但是他似乎仍很乐观，相信将来我们能得到对这些问题的真知灼见。

在这场以自然的最小成分来理解自然的革命性巨变中，薛定谔是主要发动者之一，这种身份使他更能懂得，相对于在他之前不久的物理学家和哲学家们的观点，这些变化具有何等的重要性。而且，就我个人看来，薛定谔和爱因斯坦（Albert Einstein，

1879~1955)关于量子力学的更为“客观的”哲学立场远比海森堡(Werner Karl Heisenberg, 1901~1976)及玻尔(Niels Bohr, 1885~1962)的“主观的”观点高超得多。尽管量子物理的巨大成功使人们开始怀疑,一个“客观实在”能否以分子、原子以及组成它们的微观粒子这样的量子水平存在?但是,高度精确的量子体系(基本上是指薛定谔方程),告诉我们确实存在一个在量子水平上的“实在”,虽然它不被人们所熟知,但仍是可以用该体系精确描述的东西。

这个体系本身揭示了一个量子水平的实在。它与我们在普通的宏观世界里所感受到的东西完全不同。薛定谔用他灵巧的笔触,为我们描绘了一幅关于这个实在的图像。我还很清楚地记得,在大约40年前读的《科学与人文主义》中,薛定谔讲述了这样一个细节:当他还是孩子时,家里有一个做成丹麦种大狗形状的铁镇纸,德国纳粹入侵时他不得不把它留在了奥地利。多年以后,他又重新找回了那个镇纸。他能确认找回来的正是原来的那一个。这意味着什么呢?实际上,强调任何单一粒子的“同一性”是毫无意义的。薛定谔指出了—个极具讽刺意味的事实。自大约2000多年前的留基伯(Leucippus, 公元前550?~公元前440?)和德谟克利特(Democritus, 公元前460~公元前370)时代以来,已形成了一个基本观念,即物质是由基本的单元组成,在各单元之间存有空隙。然而,它本质上只是一个假设,是从众多各不相同的可接受的假设中直接推导而来的。正当关于物质的原子论本性找到了第一个直接证据时(如在威尔逊云室及其他实验设备中等等),量子理论拆了我们的台。该理论所展示的粒子根本不像我们想象的如坚

硬的谷粒一样，而是以一种无法理解的方式分布着；更糟糕的是，它们根本没有任何独立性！

薛定谔时期所认知的粒子，今天它们的地位又如何呢？一方面，电子仍被认为是不可分的，但归属于一个更大的粒子家族，统称为“轻子”。另一方面，质子被认为是可分的，由更小的叫做“夸克”的单元组成。现代粒子物理就是用这类新的术语（夸克、轻子、胶子）描述的。它们被认为是物质“标准模型”的基本元素。在这个模型中，夸克和轻子被看作是没有自身结构的点状粒子。这些是否就是自留基伯和德谟克利特时代以来物理学家们所孜孜以求的、真正的基本粒子呢？

我认为，当代多数物理学家对此观点并非坚信不疑。一种盛行的见解是寄希望于弦论，认为基本粒子根本就不是点状的，而是叫做“弦”的小环。然而，这远远小于目前的现代实验技巧所能达到的尺度。最近的一些实验表明，在比弦论所要求的大得多的尺度上，夸克才可能显示出结构。这与标准模型预期的点状物截然相反。不过，在进一步得到证实或否证之前，下这样的结论应该谨慎。尽管如此，我们完全可以预料，达到对这些问题的最终理解，尚十分遥远。

此外，在这两本书中，薛定谔对我们时空图景中实际的连续性仍感到深深地困惑。根据量子理论，粒子的状态可发生不连续的跃迁。薛定谔试图将这种奇异的行为与单个粒子实际上应该保持某种基本的同一性这一理想特点相调和。于是他形成了这样的观念：不连续的是空间本身，而不是粒子。这里，我不禁要指出，这种量子粒子的“奇异”行为，在我们今天看来，远比薛定谔时代所能想像的

还要奇怪得多。在 1935 年,薛定谔曾指出[作为爱因斯坦、波多尔斯基(B. E. Podolsky, 1896~1966)和罗森(N. Rosen, 1909~)的研究工作的继续],这种令人不解的量子纠缠现象表明,不止一个粒子组成的系统应被视为一个不可分的整体,并不存在真正独立的单个粒子。到 20 世纪 60 年代中期,约翰·贝尔(John Bell)声称,这种量子纠缠现象能够直接地被实际测量,从而可得出关于实在图景的结论。但我认为,这样一个实在图景的结论,时至今日还未能完全得到。

薛定谔以非凡的睿智,追溯到古希腊时代,探索我们今天深信不疑的时空连续性的根本原因。他认真考虑了数学家们经历了几个世纪最终描绘出的关于连续性的图景,并指出这种图景令人困惑,甚至矛盾的本性。前面我提到,薛定谔对我的思想曾产生了巨大的影响。从根本上说,时间与空间并不像表面上那样:或许它们就是离散的,而非连续的。这个想法在当时的确占据了我的头脑。同时,薛定谔的著作也使我受益匪浅。我花费了大量的时间,试图创建一个理论:从一个完全离散的组合结构导出空间的概念。虽然这种尝试取得了一定的成果,但随着潜在的数学概念的一步步推进,却把我们引向了一个由复数(如 $\sqrt{-1}$ 为特色的数)展现的关于连续性的令人好奇的、极其精致的形式。复数是量子力学的基础($\sqrt{-1}$ 直接出现在薛定谔方程中),还是我精心构造的“扭子理论”的基础,而且也是“弦论”的基础。除此之外,它们还是“数论”的最深奥结果的基础[例如怀尔斯(Andrew Wiles, 1953~)最近对费马(P. de Fermat, 1601~1665)的最后定理的证明],而数论是离散数学的集中体现。或许,复数

能够解决薛定谔所发现的物理离散与连续的矛盾,但只有时间能够得出最终的答案。

1996 年 3 月

第一章 为何追溯古代思想

早在 1948 年，我开设了一门涉及本书主题的公众讲座课程，时至今日，我仍迫切地感到应该进行更充分的解释和说明。当时（在都柏林大学附属学院）我所阐述的内容，已经成为你们面前的这本小书的一部分。我曾根据现代科学的观点加了一些评论，对我认为是现代科学世界图景的基本特点也作了简述。通过追溯古代西方哲学的早期思想，以证明这些特点的产生有其历史渊源（与逻辑上的必要性相对照），这是我详述古代哲学思想的真正目的。但是，正如我所说的，我的确感到有点不安，特别是因为这些演讲是我作为一个理论物理教授所尽的本职工作来完成的。需要解释的是（尽管我自己那时并非完全认识到它）：花费时间去介绍古希腊思想家和评注他们的观点，并非只是我最近形成的偏好；从职业角度看，所消耗的也只是业余时间。从人们企盼理解现代科学特别是现代物理学的愿望中，可以证明这样做是适当的。

几个月后的 5 月，当我在伦敦大学的附属学院的希尔曼讲座上讲这同一个题目时，我已经感觉自信多了。我首先发现自

己得到了支持,这种支持主要来自杰出的古代历史学者,如西奥多·贡贝尔茨(Theodor Gomperz)、约翰·伯内特(John Burnet)、西里尔·贝利(Cyril Bailey)、本杰明·法灵顿(Benjamin Farrington)等。本书后面将引用他们某些有说服力的言论。我很快就认识到,使我沉浸到大约2000年的思想史中的,可能既不是随意的行为,也不是个人的偏好。而这种浸入比其他科学家所听到的情况更深。他们以恩斯特·马赫(Ernst Mach,1838~1916)的例子和告诫作为回应。我并非被自己的奇怪冲动所驱使,而是像通常发生的那样,被源于我们时代知识状况的一种思想倾向不知不觉地推动着。实际上,在短短的一两年中,已有几本书问世了。它们的作者不是权威学者,而是对今天的科学思想和哲学思想有兴趣的人;但是,他们已经实实在在地完成了学者的部分工作,在他们的著作中详述了古代文献中所蕴涵的现代思想的最早根源。其中有詹姆斯·金斯(James Jeans)爵士的遗作《物理科学的进展》,金斯是已故的著名天文学家和物理学家,因其杰出而成功的普及读物闻名于世。还有贝特兰·罗素(Bertrand Russell,1872~1970)非凡的著作《西方哲学史》,对于它的各种褒贬,我在这里不必也不能详说;我只是希望大家回忆一下,贝特兰·罗素是作为现代数学和数理逻辑的哲学家开始他辉煌的生涯的。这些书的每一本,都有1/3是关于古代的。几乎同时,在这个领域里很出色的一本名为《科学的诞生》(Die Geburt der Wissenschaft)的书,由作者安东·冯·默尔(Anton von Morl)从因斯布鲁克寄给了我。这位作者既不是

研究古代的学者也不是科学家和哲学家。在希特勒入侵奥地利时，他不幸担任蒂罗尔州的警察局长，并因此在集中营里遭受了多年的磨难，但他从苦难中幸存下来。

如果我对我们时代的一般趋势的估计是正确的，那么许多问题就自然地产生了：它是怎样产生的？其原因是什么？它实际上意味着什么？我们几乎不能对这样的问题作出彻底的回答，甚至将我们所认为的这种思想趋势追溯到足够远的历史中，使我们对当时人类的总体状况获得一个公正的考察时，也是如此。对待新近的发展，人们至多希望能指出一两个有些作用的事实或特点。我相信，在目前有两种情形可以部分地解释那种返古倾向，每一种情形都涉及思想史：一是当今时代人类已普遍达到的理智和情感的状况；二是几乎所有基础科学都处于非常严峻的形势下，与它们十分兴旺的“子孙”，如工程学、实用化学——包括核化学、医学的和外科技术相反，它们陷入了窘迫的境地。让我先从第一点开始简要地解释这些。

正如贝特兰·罗素最近十分明确地指出^[1]，宗教与科学之间日益增加的对立不是产生于偶然事件，一般说来也不是由双方的敌意所引起的。如此深重的相互不信任是自然形成的，也是可以理解的。人们对自身所处的令人不满和困惑的境况，从未达到完全理解。宗教运动的目的之一（即使可能不是主要任务），始终是要完成这种理解，是要弥合仅从经验获得的观点中所存在的令人不解的“缺口”，从而增强人们的生活信心、增强对同伴天生的仁慈和同情。而我认为，人类的这种天性是很容易被个人的灾难和精神的痛苦磨灭的。在当时，物质世界既没

[1] （英）Russell Bertrand, *History of Western Philosophy*, London, Allen and Unwin, 1946. P. 559.

有被真正理解，也没有被普通的、没有文化的人以某种方式所掌握。于是，为了满足普通的、没文化的人的需要，就必须将残破的、无条理的世界图像修补圆满，特别是要对物质世界所有的特性进行解释。这种需要很少被忽视，是由于如下显而易见的原因：通常解释工作是由这样一些人分担的，他们有杰出的品行、乐于交往，对人类事务有较深刻的洞察力，有能力说服群众并热情启发他们的道德教养。这样的人，除了他们这些特殊的品质外，就他们的教养和学识而言，通常是相当普通的人。这就是当时常见的情况。这样，他们关于物质宇宙的观点实际上与他们的听众大致相同，也是不可靠的。无论如何，他们会认为，关于宇宙的最新知识的传播与他们的目的不相关，即使他们知道这些知识。

起初，这种情形几乎不重要或根本不重要。但是在历史进程中，特别是17世纪科学复兴后，它就变得十分重要了。一方面，宗教的说教被编纂成法典并变得僵化，另一方面，科学不仅被承认，而且变革了人们的日常生活；这种变革不仅改变了人们生活的面貌，而且非常深入人心。宗教与科学之间的互不信任必然会增加。这并不是由那些他们表面上争论的众所周知的具体问题引起的。它们是无关紧要的问题，例如地球是运动的还是静止的，人类是否是远古动物的后裔等问题。这些争论点是可以弄清楚的，而且在很大程度上已经弄清楚了。但疑虑则根深蒂固得多。通过越来越多的用自然原因解释世界的物质结构，解释环境和我们的身体如何形成了我们所认识的状态，特别是把这些知识传播给每一个感兴趣的人，科学观点暗暗地从

上帝的手中得到了越来越多的东西，它就更接近独立真实的世界，上帝就要变成不合理的装饰物，这是令人恐惧的。如果我们说这种恐惧是毫无根据的，那么就几乎无法公正评价怀有这种恐惧的人。对于社会危险和道德危险的担忧，实际上已不时地表现出来。当然这种担忧不是出自对科学观点了解很多的人，而是出于自以为知道很多实际上知之甚少的人。

然而，也完全有理由作出某种理解，例如补充性的理解。这种理解自科学诞生之日起就一直伴随着它。科学必须注意来自其他方面的不适当的干扰，特别是当这些干扰披着科学的外衣时。回顾一下靡菲斯特(Mephisto)^[1]，他借了博士的外袍，同智慧过人的学者开了一个很不礼貌的玩笑。我说的就是这种情况。在真诚地追求知识时，你往往会长期承受着无知。真正的科学宁可容忍无知，也不靠猜测填补知识的空白。这并非在良心上对撒谎有很多顾虑，而是基于如下的考虑：无论这种空白如何令人讨厌，若用虚构的内容消除它，就会削弱寻求可靠答案的强烈愿望。注意力的转移会产生很大影响，即使答案侥幸就在眼前，也可能会错过。坚定不移地面对一个未知事物，而且将它作为进一步探索的促进因素和路标，在科学家心中是自然而然的和必备的气质。这样，很容易使他与构建宗教完整的宇宙图景的目标发生冲突。这两种对抗性的态度，对于各自的目的来说都是合理的。为避免这种冲突，采用哪一种态度都应谨慎。

这种知识的空白很容易使人感到一种根据不足的缺陷。有时人们只是凭借自己的爱好把它作为一种消除科学恐惧的“消

[1] 欧洲中世纪关于浮士德的传说中的主要恶魔。——译注

毒剂”，而不是为了进一步探索。因为他们担心科学能“解释一切”，而使世界失去形而上学的意义。当然，在这种情况下，每个人都有权利提出一个新的假说。乍一看，它牢牢地抓住了某些显而易见的事实。人们唯一想知道的是，为什么他们能轻而易举地发现这些事实并对它们作出解释，而其他人却与此失之交臂。但这本身不是反对这些解释的理由，因为，我们在作出种种真正发现的时候，也往往必须面对同样的情形。然而通过仔细考察，可以看到由下列事实所显示出的科学事业的特点。我心中就有许多案例。在一个相当广泛的探究范围内，人们会明确提出一个可被接受的解释。当它与成熟科学中普遍确认的原理不一致时，人们或是假装忽略它，或是稍稍弱化那些原理的普适性。因而我们被告知，相信后者只是一种偏见，这种偏见会妨碍对所研究的现象作出正确解释。但一个普遍原理的创造性活力恰好取决于它的普遍性。一旦失去了基础，就失去了它的全部力量，也就不再有实际指导作用，因为每应用一次，都可能是对其能力的挑战。为了证实如下猜测，即这种“废黜”不是整个科学事业偶然的副产品，而是它的一个邪恶目的，人们以殊可钦佩的机智宣称：应该请这个领域中先前的科学成就退休。该领域只是某些宗教思想体系的一个基础，但这个体系可能并未真正利用这个基础，因为它的实际范围远远超过科学解释所能涵盖的任何事物。

关于这种侵扰状况，有一个众所周知的例子，就是再度尝试将终极性重新引入科学。据说是由于因果性危机被反复重申，证明因果性是不能单独胜任的；而实际上是由于它被认为

是有失全能上帝的尊严的。他创造了一个世界，此后竟不允许他自己篡改它。在这种情况下，可被抓住的弱点是显而易见的。在进化论和精神-物质问题中，科学都没能勾划出令人满意的因果关系，甚至对它最热情的信徒们也是如此。于是，活力、生命力、隐德来希(entelechy)^[1]、整体性、定向重复、自由意志的量子力学等等都介入进来。出于好奇心，我要提到一本简洁的书^[2]，它用优质的纸张印刷，装帧精美，远远超过当时常见的英国作家的著作。在一段关于现代物理学术报告之后，作者愉快地着手研究原子内部的目的论、目的性，并用这种方式说明它的所有行为——电子的运动、辐射的发散和吸收等，

而希望用这特殊的狂想去取悦上帝，

是上帝创造了它并把它给了他^[3]。

现在回到我们的一般性问题。我将尽力阐明科学与宗教之间的天然敌对的内在原因。以往，由此而产生的斗争是众所周知的，无需再进行评论。此外，这些斗争并非是我们这里所关心的。无论多么令人遗憾，它们仍可反映出彼此的影响。科学家和形而上学者，包括官方和学术界的人士，也都清醒地认识到：他们努力获取的认识有着相同的客体，即人和世界。对有严重分歧的观点加以清理，仍旧是很必要的。这个目标尚未达到。今天我们看到，仅在知识分子中出现了最低限度的相对休战，但并未实现两种观点的相互和谐，即严格的科学观点和形而上学观点之间的和谐。这种休战只是由于彼此忽略对方，甚至是蔑视

[1] 古希腊哲学家亚里士多德用语，意即实现了的目的，以及将潜能变为现实的能动本原。——译注

[2] Zeno Bucher, Die Innenwelt der Atome (Lucerne: Josef Stocker, 1946).

[3] From Kenneth Hare, The Puritan.

对方。在关于物理学或生物学的论文中,即使是通俗性的,如果转向形而上学方面也被认为是离题的。并且,如果一个科学家有胆量这样做,他很容易被人责骂,而且也会令人猜想:它或是用来反对科学,或是用来反对形而上学的特殊分支。后者应是评论家们所从事的工作。考察一下如何形成如下状况是饶有兴趣的:一方面,只有科学的信息被严肃地对待;而另一方面,科学又贯穿于人们的日常活动中,科学上的发现也并非很重要,实际上,当这些发现与以不同方式(纯粹思考或默示)获得的更高明的见解发生分歧时,这些发现不得不被放弃。人们很遗憾地看到,人类是在戴着眼罩、沿着中间隔着墙的、艰难曲折的两条不同小路朝同一目标前进,而且并未全力以赴地去完全理解自然和人类处境,或最低限度地完成对我们研究工作的内在统一性的安慰性认识。我感到,这是令人遗憾的,无论如何它是一个悲凉的场面。因为如果全部思维能力都被无偏见地尽情运用的话,显然它将缩小它所能获得知识的范围。然而,如果我使用的隐喻确实是适当的,也就是说,如果实际上真有两类人沿着两条道路前进,那么这种悲剧还将继续下去。但真实情况并非如此。我们许多人不能确定应遵循哪条道路。许多人遗憾而失望地发现,他们不能在两种观点中仅取其一。当然通常情况并不是这样:面对日常生活的千变万化,你通过接受良好的、全面的科学教育,就会完全消除对宗教的或哲学的安抚那种天生渴望,会感到无比的幸福。经常发生的事情是,科学足以危及大众的宗教信仰,而不是用其他东西取代这些信仰。这就产生了荒唐的现象,受过良好科学训练的、有较强思考能力的头脑,却有

难以置信的幼稚而又萎缩的哲学观点。

如果你生活在相当舒适无忧的环境中，并把它作为人类生活的一般模式。对此你相信，它得益于必然的进步，它将广泛地传播并会变成普遍的模式，似乎没有任何哲学观点也会生活得很好；即使不是无限期的，至少直到你年老力衰、面对死神时，它仍是如此。伴随着近代科学的到来，早期的迅猛物质进步似乎开创了和平、安全和进步的时代。但是这种形势如今已风光不再，情况发生了悲哀的变化。许多人，实际上是全人类被抛到了舒适与安全之外，遭受着失去亲友的痛苦。他们及其尚未夭折的孩子的前途十分黯淡。人类的真正生存、更不用说人类的持续进步不再被认为是理所当然的了。个人的痛苦、希望的破灭、徘徊于人类头上的灾难，对世界法则的庄严和诚实性的不信任，很容易使人对哪怕是模糊的希望也会产生渴望，无论它是否是可严格证实的。这种希望就是将经验中的“世界”或“生活”置于一个更高意义上的境地，即使目前它还是不可预测的。但在心灵与理性这“两条道路”间仍隔着一堵墙。我们沿着这堵墙反思一下：它将永远存在吗？我们能推倒它吗？当我们在历史的高山峡谷中审视它的蜿蜒曲折时，我们看到了悠远的两千年前的一块土地。在那里，这样的墙被推倒、消失了，道路只有一条，而且也不再被分割开来。我们中一些人认为值得走回去，看看能从那令人神往的远古的统一中学习点什么。

抛开这种比喻，我的观点是：古希腊哲学今天仍能吸引我们，因为在此前后，世界上任何地方，都没有建立起像他们那样高度发达的、表达清晰的知识 and 思维的体系。这种体系没有致

命的分裂。但近几个世纪以来,思想体系中的分裂阻碍了我们,到今天我们已难以忍受了。当然,古希腊人有些观点存在着较大分歧,双方为各自的观点辩护的热情并不比其他地方和其他时期低。他们也偶尔使用一些不光彩的手段,例如未得到承认的借用和诋毁它人的著作等。但是,至于一个有学识的人就何种问题发表自己的观点,是不存在限制的。人们还同意,真正的课题是一个基本问题,对这一问题的任何部分得出的重要结论,通常都可能而且将会对其他部分产生影响。相反,一个人如果对这样的相互联系视而不见,很容易受到谴责。早期原子论者对伦理学的结果保持沉默,就是处于这种境地。他们假设有普遍的必然性,但无法解释原子的运动以及在天空中观察到的运动最初是怎样形成的。让我做一个形象的描绘:人们可以想像,当一位年轻的雅典学派学者在一个假期访问阿卜德拉时(带着应有的谨慎,以对他师傅保密),他受到了远道而来的睿智的、世界闻名的老先生德谟克利特的接待。他向老先生请教关于原子、地球的形状、道德行为、上帝以及灵魂的堕落等问题。对这些问题中的任何一个,老先生都没有拒绝回答。你自然会联想,在我们时代,师生之间能有这样内容庞杂的交谈吗?当然很有可能,相当多的年轻人在头脑中会有相似的、应该说是古怪的问题集,并会与他们信任的人讨论所有这些问题。

关于对古代思想重新产生兴趣的事实,我曾宣布了自己打算阐述的两个观点。对于第一个观点,我就谈到这里。现在让我提出第二个观点,即目前基础科学的危机。

我们多数人相信,关于发生在时间和空间上的科学,如果

建立得很理想,原则上应该能分解为可被(建立得很理想的)物理学描述和理解的事件。但正是在物理学中,本世纪初量子理论和相对论产生的第一次冲击,使科学的基础发生了动摇。在19世纪伟大的经典理论时期,用物理学的语言真实描述下列现象的任务似乎远未实现:一株植物的生长或大脑思考的生理过程,一只燕子筑巢。但无论如何,用来进行最终描述的语言,被认为是可解读的,即:微粒、物质的基本成分,在相互作用下运动——这种运动不是瞬时的,而是可被一种普遍的、或可叫做以太的介质所传播。术语“运动”和“传播”暗示的是,量测尺度和所有这些发生的场景是时间和空间。它们似乎没有其他性质和任务,只是一种舞台。我们可以想像,在这样的舞台上,微粒在运动,并且它们的相互作用可以被传递。一方面,万有引力的相对论显示出,区分“演员”与“舞台”是不容易的。物质和传递相互作用的某些东西(场或类似波的物质)的传播最好应该被看作时空本身的“形式”。这种形式不应该被看作概念上优先于到目前为止称作其内容的东西,就好像一个三角形的角不能优先于该三角形一样。另一方面,关于微粒具有的最显而易见的和基本的性质,即它们可被证明是独立存在的,量子理论告诉我们:以前曾认为这个问题是如此明显,以致几乎从未被谈论,它的意义十分有限。只有当一个微粒在一定区域内以足够的速度运动而不是与同类粒子紧紧聚在一起时,它的独立性才是(近似地)明确的。否则,它将变得模糊不清。我们这样主张,并不意味着仅仅表明没有实际能力追踪所研究的粒子的运动,而是认为,绝对独立存在的概念是不可接受的。同时,我们知

道，无论何时，只要相互作用具有短波长、低强度的波的形式（正如通常那样），它本身就会呈现出很好的可确认的粒子形式，而与上面所描述的波相对立。在传播过程中表现相互作用的粒子，在各种特殊情况下，与相互作用的粒子是不同类型的；但他们同样被称作粒子。为了使图像更加完美，任何种类的粒子都展示出波的特性。该波越明显，它们运动得越慢，聚集得越密，则相应地失去独立性。

针对这些论点，我插入这段简短的报告，而谈论“观察者与被观察物体界限的崩溃”又强化了这种论点。许多人认为该观点甚至是更重要的思想革命。而我认为它并无深刻意义，只是被过高估计的暂时性状况。无论如何我的观点就是这样。现代的发展已经侵入了19世纪末看来相当稳定的、相对简单的物理系统中。那些将这一发展推向高峰的人，其实并未真正理解它。这种侵入，在某种程度上推翻了已建立起来的科学大厦，它的基础主要由17世纪伽利略、惠更斯和牛顿奠定的，正是这个基础被动摇了。但在某些情况下，我们仍对这个伟大的时期十分着迷。我们一直使用它的基本概念，尽管是用它们的创造者几乎难以辨认的形式。同时我们知道，我们已山穷水尽，因而很自然地想起：开始构筑近代科学的思想家并没有从起跑线开始。尽管他们很少借鉴前几个世纪的知识，但他们的确复兴和继续了古代的科学和哲学。这一源泉悠远绵长，宏伟壮观，使人敬畏，以致那些先入为主的观念和无根据的猜测很可能被近代科学的先驱们接受，继而通过他们的权威使之不朽。如果风行于古代的高度灵活和坦率的精神被继承下来，上述观点和猜测

就会继续被讨论和修正。一种偏见，若呈现为最初产生时基本的、坦率的形式，则比后来变成复杂而僵化的教义更容易被察觉。看来，科学正是受到根深蒂固的思维习惯的阻碍，某些习惯似乎非常难于发现，而另一些已经被发现。相对论破除了牛顿的绝对时空的概念，或者说破除了绝对静止和绝对同时的概念，并且至少从它的统治地位驱逐了历史悠久的“力与物质”的关系对。当无限度地推广原子论时，量子理论同时陷入危机，这种危机比大多数人承认的要严重得多。从整体上说，现代基础科学的现存危机表明，有必要修正它的早期奠基者的理论基础。

于是，这更加激励我们再次努力研究古希腊的思想。正像在这一章开头指出的，这不仅有希望发掘出被人遗忘的智慧，也有希望发现从源头开始长期形成的错误。这种错误在源头更容易被认识。我们可以认真地试着把自己退回到早期思想家们当时的智力水平。虽然对自然的实际行为只有很少的经验，而且经常很少带有偏见，但我们可以利用它恢复思想的自由，并借助于我们关于事实的更高深的知识，来修正他们早期的、也许仍然困扰我们的错误。

让我引用别人的话来总结一下这一章。第一段话与我刚刚说过的紧密相关。它译自西奥多·贡贝尔茨的《希腊思想家》^[1]。因为可能有这样的异议：研究古代观念不能产生实际的进步。长时间以来，古代观念已被基于更广、更高级的信息的更高见解所取代。为了反对这种异议，在下面著名的一段话中，一系列论据被放在了首要地位。

[1] Vol. 1, p. 419
(3rd ed. 1911).

回顾必须被视作是具有重要意义的。间接应用或利用非常重要，我们全部的知识教育都是起源于古希腊人。这些起源的全部知识，是我们从它们的不可抗拒的影响中摆脱出来的必不可少的先决条件。要忽略过去，不仅是不受欢迎的，而且简直是不可能的。你不必了解古代大师们的学说和论文，也不必了解柏拉图和亚里士多德，你可以从未听到他们的名字，但你仍然处在他们权威的魔力之下。他们的影响，不只是被古代和现代的接受他们观点的人所传递。我们的全部思想，其中运行的逻辑种类，所使用的语言形式（被他们所操纵）——所有这些绝不是人工产物，而且基本上是伟大的古代思想家的产品。确实，我们必须全面地考察这种变化的过程，以免我们将增长和发展起来的结果误认为是原始的，将实际上是人工的东西误认为是自然的。

下面一段引自约翰·伯内特的《早期希腊哲学》的《序言》：“说‘它是关于世界的希腊式思考’是一个恰如其分的科学描述。这就是为何在那些受希腊人影响的人之外，科学就从未存在过。”这是一个科学家渴望得到的最简明的理由，可为“浪费时间”进行这种研究的偏好而辩护。

似乎确实需要这样的辩护。贡贝尔茨在维也纳大学的物理学同行、杰出的物理学史家恩斯特·马赫，早在几十年前，就已经谈论过“古代科学的珍稀而贫乏的残迹”。他这样说道：

我们的文化逐渐获得了完全的独立性，远远超过了古代。它在后来显示出全新的趋势。它以数学和科学启蒙为中心。但古代思想的轨迹仍徘徊在哲学、法学、艺术和科学中，它们构成了障碍而不是财富。但从长远看，它抵挡不住我们观念的发展。

对于古代思想目空一切的粗野性，马赫的观点与我引用的贡贝尔茨的观点一致，即我们必须战胜希腊人。但是贡贝尔茨用显而易见的证据支持一个重要的转变，马赫则用十足的夸张紧盯不重要的细节。在同一篇文章的另一段中，他推荐了一个超越古代的奇特方法，即忽略它，不理它。幸运的是，就我所知，他用这种方式很少成功，因为与他们天才的发现一道广泛传播的严重错误，极易引起令人担心的浩劫。

第二章 竞争·理性·感觉

事实上，由伯内特那段话和前一章末尾引用的贡贝尔茨的一大段话形成了这本小书的所选的正文。以后我们还会讨论它们，那时将要回答如下问题：古希腊人是用什么思考方式面对世界的？在我们现在的科学世界观中，有哪些特别的特征是源于古希腊人的？它们是古希腊人的特殊发明，虽然不是必需的却是人工制造的，它们只是历史的产物，因而是能够被改变或修正的。由于习惯的根深蒂固，我们极易认为它们是古希腊人看待世界的自然而然的、不可变更的、唯一可能的方式。

然而，此刻我们暂且不讨论这个主要问题。为了准备回答这个问题，我愿意先向读者介绍古希腊思想中与我们要讨论的内容相关的部分。对此，我不打算按时间顺序列举。因为我既不愿意也没能力写一段古希腊哲学的简史。现在已有许多写得非常好，而且具有现代性和吸引力的书（特别是贝特兰·罗素和本杰明·法灵顿的著作），足够读者阅读。我们打算按照问题的内在联系而不是时间顺序进行介绍。这将把不同思想家关于同一问题的观念汇集在一起，而不是将某一哲学家或一些哲人对

各种各样问题的态度汇集起来。我们打算重建的正是这些观念,而不是只涉及某些个别的人和个别的想法。因此我们将选择两三种主导观念或思想动机。它们萌生于古希腊早期,在中世纪前的几个世纪中被清晰地保留下来,并且与时至今日的激烈竞争中充满活力的问题密切相关,即使它们与这些问题不是完全相同。将古代思想家们关于这些主导观念的信条归类后,我们会感受到他们在心智上的快乐和不满,这与我们的心情十分相似,只是有时我们会心存疑问。

感觉的可靠程度是一个贯穿古代自然哲学始终的、被广泛讨论的重要问题。无论如何,这一个题目与现代学术论著中经常考察的问题相关。它产生于观察。在观察时感觉有时会“欺骗”我们,正如将一根直棍斜着半插入水中,看上去好像断了。它也产生于人们所觉察到的现象,即同样的物体会对不同的人产生不同的影响。在古代最流行的例子是,甜甜的蜜在黄疸病人尝来是苦的。直到不久前,一些科学家曾满足于将物质的性质区分为两类:一是所谓的“第二级”特性,如颜色、味道、气味等;二是“第一级”特性,如质量、大小、运动等。毫无疑问,这种区分是古代所争论的问题的延续,是一种尝试性的解决方式:第一级特性被认为是精确的、真实的和不可改变的;它直接产生于我们的感觉所获得的资料,并由推理加以提炼出来。当然,这种观点已不再被接受了,因为我们从相对论中得知(即使我们以前不知道)空间和时间以及在时空中物体的形状和运动,都是在头脑中精心假设的、精心设计的、假定的构建,根本不是不可改变的,只是其改变比直接感觉到的东西小得多。如果有

任何不可改变的东西，它的确是值得赋予“第一级”称号的。

但是感觉的可靠性问题只是更深层问题的序曲。今天这些问题仍是颇具魅力的，而其中一些问题古代思想家已充分认识到了。我们试图描绘的世界图景只是基于感官知觉吗？在世界图景的构建中理性扮演何种角色？在单一的纯粹理性之上，能否最终并真实地建立世界图景？

在 19 世纪实验发现的胜利进程中，具有强烈的“纯理性”倾向的哲学观点当然被主流科学家打了极差的分数。但现在的情况已不再是这样，已故的阿瑟·爱丁顿（Arthur Eddington, 1882 ~ 1944）爵士曾对纯理性理论变得越来越情有独钟。尽管很少人曾追随他走到极端，但他的阐释富有创造性且颇有成果，备受人们赞赏。马克斯·玻恩（Max Born, 1882 ~ 1972）发现，有必要写一本反驳的小册子。爱丁顿主张，某些明显纯经验的常数，例如宇宙中的基本粒子总数，可以由纯理性推断出来。至少可以这样说，这个主张大大引起爱德蒙·惠特克（Edmund Whittaker）爵士的兴趣。我们可以忽略一些细节，而从更广阔的视角来看待爱丁顿所做的努力。这一努力来自对自然界合理性和简单性的坚信。这样我们会发现，他的思想决非是孤立的。甚至爱因斯坦杰出的引力理论，虽然实际上是基于可靠的实验论据，并被他所预言的最新的观察事实有力地确证，但只有对思想的简单性和完美性怀有强烈情感的天才才能发现它。他试图推广其大获成功的概念，以便将电磁学和核子

的相互作用包括进去。他希望从简单性和完美性的原则获得启示,从而尽可能“猜测”到自然的实际运动。事实上,这种观念已渗透到现代理论物理的研究中,有时可能太过分,但并未因此受到批评。

依我看,关于先验地从理性构建自然界实际运动这个问题,有两种极端的观点,近些年的代表人物分别是爱丁顿和恩斯特·马赫。对于这两极之间的任何观点,中世纪前的古代思想家中都有其杰出的代表。他们各自热衷于某一观点并为之辩护,攻击并嘲笑其他观点,拒斥他人的选择。他们凭借对自然规律的极少量的初级知识,竟然能够对这些规律的形成提出各种各样的看法,并狂热地捍卫他所偏爱的观点。对此,我们真有说不出的惊讶。而现在,我们获得了更深远的洞察力,却仍未能结束有关争论,我们对此有更加说不出的惊讶。

大约在公元前 480 年(约在苏格拉底诞生于雅典之前 10 年,德谟克里特出生在阿布德拉之前 10 多年),活跃在埃利亚、意大利的巴门尼德(Parmenides, 公元前 515 ~ 公元前 450?)是第一个极端反经验主义的、仅凭演绎推理构造世界的人。他的世界包括的内容非常少,这与观察到的事实完全矛盾。他用他关于世界的“真实”描述“世界的真实状态”,描述天空、太阳、月亮、星星和其他事物。应该承认,他的描述是很精彩的。但他说,这一切只是我们的信念,我们完全被感觉蒙骗了;真实情况是,世界上本没有这些事物而只有一种东西,就是“一”;“一”就是存在的东西,它与不存在的东西相对。从纯逻辑上说,“后者”是不存在。因此,存在是唯一的東西,首要的东

西。此外,无论何时何地,若没有“一”,就没有空间中的位置和时间中的时刻,因为对存在的东西,无论何时何地都不可能作出它不存在的相反断言。因此,存在是普遍的、永恒的、没有变化,没有运动,没有“一”尚未到达的虚空。我们所有关于矛盾的证据都是骗局。

读者会注意到,我们面对的是一种宗教,是用优美的古希腊诗句吟诵的宗教,而不是科学的世界观。但在当时,这种区分尚未出现。对巴门尼德来说,“真实”完全是用最纯粹的一元论来构建的,宗教或对上帝的虔诚无疑属于“信念”的外在世界。他成为埃利亚学派之父,并对后人产生极其巨大的影响。柏拉图(Plato,公元前427~公元前347)非常重视埃利亚学派对他的“形式论”的异议。在柏拉图以先哲命名的对话中和关于他出生前(那时苏格拉底还是一个青年)的哲人对话中^[1],阐述了这些异议,但几乎没想驳斥它们。

我要补充一些细节。它们也许不只是细节,依照通常的译文,我作了上述简单的描述。从中可以看到,巴门尼德的教条主义涉及到了物质世界。他根据自己的喜好以及与观察的直接矛盾,用其他某些东西取代了物质世界。在迪尔斯(Diels)引用的一段原文^[2]即巴门尼德的残篇第5节中写道:

思维和存在是同一的。

紧接下来是亚里士多德(Aristotle, 公元前384~公元前322)学派的一段引文“思维与行为具有相同的能力”。这里

[1] 此处指柏拉图的《巴门尼德篇》。
——译注

[2] Diels, Die Fragmente der Vorsokratiker, Berlin, 1903, 1st, ed.

暗示着意义上的某种相似。第 6 节第一行,我们又看到这样的话:

语言和思维都是存在的东西。

而在第 8 节,第 34 行末尾:

思维与思想存在的目标是完全同一的。

[我按照迪尔斯的解释,放弃了伯内特的异议。需要用这些确切的文章猜想希腊语的原形动词,这些词我通过句子主语中的“思维”与“存在”呈现在读者面前。在伯内特翻译的第 5 节缺少了与阿里斯托芬(Aristophanes, 公元前 446 ~ 公元前 385)^[1]类似的陈述,而从第 8 节开始,在伯内特的译文中变成平平淡淡的赘述:能够被思维的事物与思想存在的目标是同一的。]

[1] 古希腊戏剧家。——译注

让我再加上柏罗丁(Plotinus, 205? ~ 270?)的评价(由迪尔斯为第 5 节所引用)。他说巴门尼德把存在与理性合为一体,不把存在放入可感知的事物当中,说“思维与存在也是如此”。他还说,即使存在与思维活动是有联系的,它仍是静止的。巴门尼德使存在丧失了像身体那样的运动能力。

巴门尼德反复强调存在与思维或思想的同一;古代的思想家也提到他所断言的该方面内容。由此我们推断出,巴门尼德的静止的、永恒的“一”并不意味着是对我们周围真实世界离奇的、歪曲的、不成熟的想像,似乎它的真正特性就是均质而静止

的液体的特性,这种液体永久地、无边无际地充满整个空间,形成一个简单化的、超球体的爱因斯坦宇宙(像现代物理学家喜欢称呼的那样)。他不把我们周围的物质世界看作是理所当然的实在。他把真正的真实放入思想中,放入我们所说的认知学科中。我们周围的世界是感觉的产物,是由思维主体“作为信仰”用感官知觉创造出的印象。这位诗人哲学家在他的诗的后半部分充分表明,他相信这是值得加以考虑和描述的。但是,感觉使我们感知的并不是真实的世界,不是如康德(Kant, 1724~1804)所说的“自在之物”,真实的世界存在于主体中,存在于它是一个主体的事实中。这个主体是能够思维,能够进行脑力加工,至少能有永久意志,就像叔本华(Schopenhauer, 1788~1860)所说的那样。我毫不怀疑这是哲学家的永恒的、静止的“一”。它本质上不受短暂的表面现象的影响而改变。如同叔本华宣称的意志一样,这种表面现象是感觉对它的展示。他试图通过这样的意志来解释康德的“自在之物”。我们面对着一个充满诗意(不仅仅是就其韵律形式而言)的尝试结果:精神(你或许喜欢叫灵魂)、世界与上帝的统一体。精神的同一性和不变性已被深切认识到了。与此相对,世界所呈现出的万花筒似的性质不得不退居其下,而且被认为只是错觉而已。很明显,这是不可能发生的。事实上,它已被巴门尼德的诗的第二部分予以修正。

这第二部分暗示着一个严重的矛盾,而且这种矛盾无法用任何解释加以消除。这是一个事实。如果从感觉到的物质世界中取消实在,那么物质世界是一个并不存在的东西吗?因而第

二部分完全是关于不存在的事物的一个神话故事吗？但据说它至少涉及了人的信念。信念在人们的头脑中，与存在等同。那么，它们不是与头脑中的现象一样的某种存在吗？这是我们无法回答的问题，是我们无法消除的矛盾。我们应很满意地记住：巴门尼德是第一位触及到深层隐藏的真理的人，这个真理与普遍接受的观点相背；他通常以一种可能会使他卷入逻辑矛盾的方式，作了夸张的表述。

我们现在简短地考察另外一些人的观点。这些人代表着对如下问题的另外一种极端态度。这些问题是：直接的感官信息或人的理性头脑是否是真理的主要源泉，恰当地说，它们是否有充分的甚至唯一的权利来充当实在。关于纯感觉主义，我们以伟大的学者普罗塔哥拉（Protagoras）作为一个突出例证。他大约在公元前 492 年诞生于阿布德拉（后来，约在公元前 460 年，阿布德拉诞生了伟大的德谟克里特）。普罗塔哥拉把感觉看作是唯一真正存在的东西，是构建世界图景的唯一物质。原则上说，所有的感觉必须被当作真实的，甚至在发烧、生病、醉酒或疯狂时被改变或歪曲了的感觉，也同样真实。古代常举的例子是，蜂蜜在黄疸病人尝来是苦味，然而其他的人则感觉是甜的。普罗塔哥拉对这种情况下的“似是而非”或错觉都置之不理，尽管他说我们的责任是努力治愈人们类似的反常表现。虽然他对爱奥尼亚人的智慧有深厚的兴趣，但他不是个科学家（巴门尼德也不是）。按照法灵顿的观点，普罗塔哥拉竭尽全力维护人权，以创建一个更平等的社会体系。简言之，就是使全人类有平等的公民权，实现真正的民主。当然，在这方面他没有成

功。因为古代文化的延续直到衰落,倚赖的是由人类的不平等所必然决定的经济制度和社会制度。他的著名的格言是“人是万物的尺度”。这通常用来指他关于知识的感觉理论,但也许包含了人类对政治与社会问题的朴素态度:人类事务是由适合人类本性的法律与风俗所支配的,不会因传统或各种迷信而产生偏见。今天,从下面谨慎的妙语中,仍可看到他当时对传统宗教的态度。“说到上帝,我无法知道他是存在或不存在,也不清楚他像什么样,因为有如此之多的东西,妨碍纯粹知识的获得,如问题之模糊,人生之短暂”。

对于我所知道的古希腊任何一位思想家高明的认识论观点,我在德谟克里特的至少一个残篇中发现对它们清晰而意义深远的表述。我们将不得不把他作为伟大的原子论者加以回顾。在此,只要说他确实相信物质的世界观便足够了。这种世界观是从他那里开始形成的。他像我们现代的任何一位物理学家一样坚定相信它:坚硬的、永远不变的小微粒,在虚空中沿直线运动、碰撞、反弹,等等,并由此产生在物质世界能观察到的种类繁多的物体。他相信难以描述的极其纷繁复杂的万物都可以还原成纯几何形象。他的这种观点是对的。那时,理论物理学比此前与此后任何时候都超前于实验(几乎不知道什么是实验)——更不用说与我们现代相比了。我们在今天可以看清实验的发展过程。然而德谟克里特同时认识到:在他的世界图景中,显然是以智力的构建代替光、色、声、味、甜、苦、美的现实世界。这种构建实际上不以任何事物为基础,只不过是建立在感觉自身上了。而这些感觉的东西表面上从感觉中消失

了。在德谟克里特残篇第 125 节(该残篇引自盖仑,并且仅在约 50 年前才被发现)中,他引进了理智以便与感觉对比。前者说:“表面的颜色,表面的甜味,表面的苦味,实际上仅仅是原子和虚空。”对此感觉反击说:“可怜的理智,你难道希望从我们这儿借去证据来打败我们吗?你的胜利就是你的失败。”你简直不能把它表述得更简单、更明晰。

这个伟大思想家的许多其他章节,也许是在康德的著作中才有显著的位置:

它真正是什么,我们一无所知;我们知道的是“无”;真理远远地隐藏在黑暗中,等等。

怀疑主义是廉价又贫瘠的东西。一个比前人更接近真理并清楚地认识到其智力构建的局限性的人所具有怀疑主义才是重要而富有成果的。这种怀疑主义只是成倍增加某种发现的价值,而不会降低它的价值。

第三章 毕达哥拉斯学派

巴门尼德和普罗塔哥拉不是科学家，因此，关于像他们这些人的极端观点对科学的作用，我们所能推知的是有限的，甚至是一无所知。有一个学派的思想家，具有强烈的科学倾向，同时，对把自然体系还原为纯理性，具有明显的、近似于宗教的偏好。这就是毕达哥拉斯(Pythagoras, 公元前 580? ~ 公元前 500?) 学派。他们的活动地区主要在意大利南部，位于半岛“脚跟”与“脚趾”之间围绕着海湾的城市：克罗顿、希巴利斯和塔兰托。该学派的信徒形成了一些非常类似于对食物和其他东西的古怪习惯的宗教准则，即对外界保守秘密，至少是有关教义的内容要保密。该学派的开创者，一位活跃于公元前 6 世纪下半叶的人——毕达哥拉斯，可能是古代最著名的人物。有关他的超自然力量的传奇故事很多：他能回想起在他的灵魂转世（灵魂的转移）以前的所有生活；有人偶然在他换衣服时看到他的大腿是纯金的。他似乎没有留下任何著作。他的话对他的学生而言，就是绝对真理，正像“夫子曰”(the Master said so) 这句名言所证明的那样。他的话可以解决学生中的任何争论，并

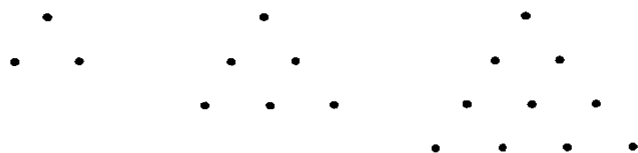
总与千真万确的真理相联。人们还说，他们连说他的名字都感到敬畏，而代之以“那边的人”。但是由于上面所说的该团体的特点和态度，我们有时也难以断定，这个特殊的教义是归于他，还是归于提出它的那些人。

柏拉图及其阿卡德米 (Academy, 即学院)，被意大利南部的这个学派所深深打动并受其强烈影响，十分明显地继承了毕达哥拉斯学派的演绎观点。实际上，从思想的发展历史来看，我们也许可以把雅典学派称为毕达哥拉斯学派的分支。他们没有正式遵守“准则”。这没有太大关系，而他们担心为提高自己的独创性去掩饰而不是强调他们的依赖性，则更是无关紧要了。我们对毕达哥拉斯学派以及对其他信息知道得如此之多，完全应归功于亚里士多德忠实而公正的记录。而他对他们的观点持有不同意见，并对他们毫无根据的推理倾向提出指责。他本人对这种推理也非常擅长。

我们知道，毕达哥拉斯学派的基本信条是“万物皆数”。尽管一些转述为了削弱该论点的悖论，把它说成“万物像数”，即与数类似。我们并不能知道这种断言的真正含义是什么。它很可能是首创性的，是一个包罗万象的、极其大胆而辉煌的普遍结论。它源自毕达哥拉斯的发现：当琴弦长度的整数分段或分数分段所产生的音程（例如 $1/2$ 、 $2/3$ 、 $3/4$ ）谱成一个和谐的歌曲时，可能会使我感动得流泪，可以说音乐震撼了我们的灵魂。[毕达哥拉斯学派有一个关于灵魂和躯体之间关系的美好比喻，可能出自费劳罗 (Philolaus, 约公元前 5 世纪)：灵魂与身体是和谐的，正如乐器与它所产生的声音一样。]

按照亚里士多德的观点,“万物”(即数字)处于可感知的物质客体的首位。例如,在恩培多克勒(Empedocles,公元前490~公元前430)提出四元素说之后,万物也“变成”数字,但只有“灵魂、正义、机会”等,才有或者说才“是”他们的数字。在他们的调配中,一些简单的性质与数字理论是相关的。例如,平方数(4, 9, 16, 25, ...)与正义有关,特别是其中第一个数字4与正义等同。其基本想法或许是与“4”能够分成两个相等的因数(可与“公平”或“公平的”等词对照一下)有关。

用平方数的点能排列成一个正方形,例如9个点。同样,毕达哥拉斯所说的三角形数字,如3、6、10, ...则可排列成三角形。



这些数字是用一边的点数(n)乘以它的下一个数($n+1$)并且除以(通常是偶数)2,即 $n(n+1)/2$ 而得到的(通过将一个三角形数与第二个倒置的三角形数连接,并将所得到的图形变换成一个矩形,就可以得到这一结果)。



在现代理论中,“轨道动量矩的平方”是 $n(n+1)h^2$, 而不是 $n^2 \times h^2$, n 是一个整数。这个表达式仅只是说明,三角形数的特征不仅仅是一个幻想,它们确实经常在数学中出现。

“10”这个三角形数受到非凡的尊重,可能是因为它是第四个三角形数,是指向正义的数字。

我们上面所提到的一派胡言,当然是来自于亚里士多德公正的而不是讽刺性的转述。一个数的首要性质在于它是奇数还是偶数(到目前为止,数学家们对奇素数与偶素数这种区分已十分熟悉,尽管偶素数中只有一个数字 2)。但在那时,人们认为奇数决定了一个事物的有限特性,偶数则代表某些事物的无限特性,它象征着无限可除性,因为一个偶数数字可分成两个相等的部分。另一个注释者发现了偶数的不完美的或不完美的一面(针对其无限性):当你把偶数分成两部分时,

. . . | . . .

在中间仍存在一个空白的区域,既没有归属,也没有数字。

人们似乎认为,水、火、土、气这四种元素构成了 5 种正立体中的 4 个。第 5 个即十二面体,被留作整个宇宙的容器。这可能是因为它太近似于球体并且是由五角形结合成的。这个数字本身扮演着一个神奇的角色。将该数字转换成 5 条对角线($5 + 5 = 10$)就形成了众所周知的五角星。毕达哥拉斯学派的一位早期学者佩特隆强调:一共有 183 个天体排列成一个三角形,顺便说一下,这不是一个三角形的数。最近一位杰出的科学家告诉我们,世界上基本粒子数目的总和是 $16 \times 17 \times 2^{256}$, 256 又是 2 的平方的平方的平方。突然想到这一点是否有点太无礼了?

毕达哥拉斯学派晚期的哲学家对灵魂转世是深信不疑的。据说毕达哥拉斯本人就是如此。色诺芬尼(Xenophanes,

公元前 570 ~ 公元前 480?) 在两段两行诗中, 告诉我们关于“夫子”的一则逸事: 当毕达哥拉斯看见一条正在被痛打的狗, 触动了他的怜悯之心, 就向这个打狗者说: “不要再打狗了, 它是我一个朋友灵魂投胎而生的, 我听到了他的声音才认出他。”对于色诺芬尼来说, 这可能是嘲笑那位大人物的愚蠢信念。我们今天对此也不会有不同的感受。假使这个故事是真的, 人们会从他话中猜测到相当简单的意思: 停下, 因为我听到了一个受难的朋友在请我帮助(“狗是我们的朋友”从查尔斯·谢灵顿开始成为一句名言)。

让我们再回到开始时提到的那个普遍观念, 即数是万物的基础。我认为, 它显然来自关于振动的弦长的声学发现。但公正地说(忽略它狂热的衍生物), 人们不应该忘记这是当时当地在数学和几何领域最伟大的发现。这一发现通常与对物质客体实际的或想像的应用相联系。现在, 数学思想的本质就是从物质客体获取它的抽象数字(长度、角度及其他的量)并研究它们及它们之间的关系。正是基于这样一个程序的特性: 用这种方式所得出的种种关系、模型、公式、几何图形等, 实际上经常意想不到地用于物质客体, 而这些物质客体与最初抽象出上述关系、模型、公式、几何图形等的物质客体相比有很大不同。数学模型或公式突然之间就把那些它们从未打算介入的领域以及不曾为人想到而由它们得到的领域梳理得井井有条。这种经历是十分令人难忘的, 而且极易使人相信数学的神奇能力。“数学”显然是万物的基础, 因为它会令人意想不到地出现在我们未曾放入它的地方。这种现实一定反复地打动了年轻的专家。

作为物理学进步的一个重大事件，这一思想再度出现了，举一个著名的例子，当时哈密顿（William Hamilton, 1805 ~ 1865）发现：支配一般力学系统运动的规律，与一束光线在非均质介质中传播的规律完全相同。科学现在变得很复杂，人们已学会在这些情况下小心翼翼，不会只从数学思想的本性出发，将可能是形式上相似的东西，理所当然地视为本质上同源。但在科学的童年时期，对上述神奇的自然本性所作的草率结论，并不会使我们感到惊奇。

在现代，有一个也许并不相关但却非常有趣的案例，这就是所谓“道路规划中的缓和曲线”。修路时，连接两个直线部分的弯角不应当简单地修成一个圆弧。因为这将意味着当一个司机从直线进入圆弧时必须猛打方向盘。一个理想的缓和曲线应该是这样：它要求在通过弯路前一半时，打方向盘的速度与通过弯道后一半时回打方向盘的速度保持一致。这种情况下的数学公式，要求弯曲度必须与曲线的长度成比例。实际上，这是一个远在汽车发明之前就已经为人所知的非常特殊的“角螺旋”问题。据我所知，这一曲线唯一的应用，是光学中一个简单而又特殊的问题：在被一个点光源照亮的狭缝后面产生干涉图形。这个问题导致了“角螺旋”理论发现。

每一个学生都知道的一个很简单的问题是：如果在两个给定的长度（或数字） p 和 q 之间设定第三个长度 x ， p 对 x 与 x 对 p 的比率是相同的

$$p:x = x:q \quad \textcircled{1}$$

在这样的情况下， x 的值就被称为 p 和 q 的等比中项。例如，如

果 q 是 p 的 9 倍, 那么 x 必定是 p 的 3 倍, 也是 q 的三分之一。由此, 你可轻易推论出 x 的平方等于 p 乘 q 的积。

$$x^2 = pq \quad ②$$

(这也可从内项之积等于外项之积的这一普遍比例法则推出)。希腊学者会将这一几何公式解释成“求矩形面积”, x 是正方形的一条边, 这个正方形的面积等于边长为 p 与 q 的矩形的面积。他们仅在作几何解释时才知道代数公式和方程式, 因为作为一个法则, 没有数来填入这个公式。例如, 如果你把 q 变成 $2p, 3p, 5p, \dots$ (当然, 为了简单, p 可仅代表 1), 那么 x 就是我们所谓的 $\sqrt{2}, \sqrt{3}, \sqrt{3}$ 。但对他们来说这不是数, 因为他们那时尚未发明这种数。于是, 任何满足上面公式的几何结构都是用几何法求平方根。

最简单的方法是沿一条直线画出 p 与 q , 在它们的连接点 N 画一条垂线。以 O 为原点 (O 为 $p+q$ 中的中点) 画分别经过 $p+q$ 的两个端点 A 与 B 的圆, 与过 N 点且垂直 AB 的直线交于 C 点。

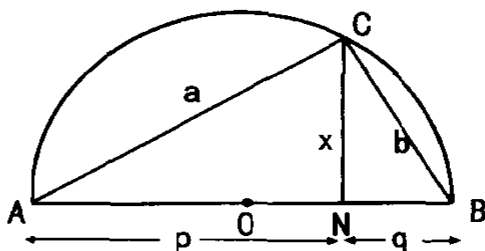


图 1

比例式 (1) 是由 ABC 是一直角三角形这个事实而得出的一个结论, C 点成为半圆中的一个角; 这样就形成 3 个相似三角形

ABC、ACN、CNB。在我们的三角形中的出现两个以上的“等比中项”，令 $p + q = c$ ，即直角三角形 ABC 的斜边，则

$$q:b = b:c \quad \text{所以} \quad b^2 = qc$$

$$p:a = a:c \quad \text{所以} \quad a^2 = pc$$

然后：

$$a^2 + b^2 = (p + q)c = c^2$$

这是所谓的毕达哥拉斯定理的最简单证明。

对毕达哥拉斯学派来说，这种比例式(1)也可以出现在一个完全不同的场合。如果 p 、 q 、 x 是你在同一根琴弦上用琴马设置的不同长度，或者像小提琴手那样用手指的压力所确定的长度，于是，在由 p 与 q 产生的纯音“中间”， x 产生另一个纯音；从 p 到 x 的音程和从 x 到 q 音程是一样的。这很自然地引导我们将一个已知音程分为两个以上的同等音级。初看上去，这将导致不和谐，因为即使原始比例 $p:q$ 是有理数，但插入的数很可能就不是。而精确的插入方法被用于钢琴调弦的 12 平均律中。这是一种折衷方法，从纯和谐的角度来说应该受到指责。但是在预先定调的乐器中，几乎不能不用它。

阿奇塔斯(Archytas, 大约在公元前^[1]4 世纪中期生活在塔兰托，因与柏拉图的友谊而闻名)用几何方法解决了下列问题，即如何找到两个“等比中项”，或把一个音程分为同等的三个音级。从另一个方面说，这等于用几何方法求给定比率 q/p 的立方根。在后一种形式中，即求三次方根，叫做“得洛斯”(Delian, 爱琴海中的得洛斯(Delos)岛)问题。在得洛斯岛上的阿波罗的牧师，曾指控神示所的请愿人怀疑他们神坛石头的

[1] 此处原著误写成“公元”，故改为“公元前”。——译著

尺寸。这块石头是一个立方体,体积是它两倍的立方体,其边长将是已知边长的 $\sqrt[3]{2}$ 倍。用现代的符号表示,就是

$$p:x = x:y = y:q \quad (3)$$

由此,你用上面的方法可得

$$x^2 = py \quad xy = pq \quad (4)$$

将两个等式两边分别相乘并消去 y ,得

$$x^3 = p^2q = p^3q/p \quad (5)$$

$$x = p \left(\sqrt[3]{q/p} \right)$$

阿奇塔斯答案等于是重复了上面的推导过程。

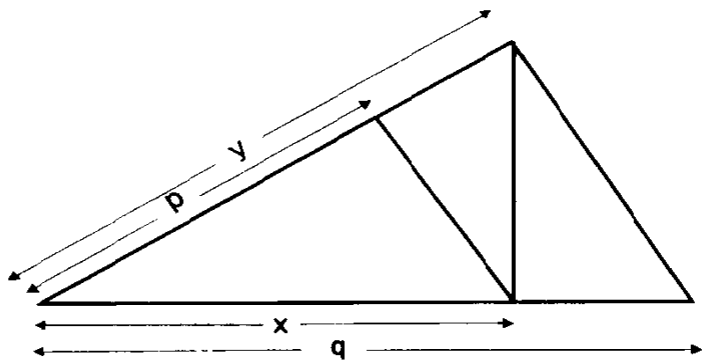


图 2

但是,使用上面提到的第二种比例式,可得

$$p:x = x:y \quad \text{和} \quad x:y = y:q$$

然而,这只是阿奇塔斯作图法的最终结果。它将一个球体、一个圆锥体和一个圆柱体结合在一起,是空间中最复杂的结构。它是如此复杂,以致在我的《狄尔斯的前苏格拉底哲学家》(第一版)中说这个结构的图形完全错了。的确,上述表面上简单的图形,是不能直接用圆规和直尺从 p 和 q 的已知数据构造出来的。其原因是,用直尺只能画出直线(一次曲线),用圆规只能画

出圆，它是特殊的二次曲线；但是，为了求出三次方根，至少得到一条特定的三次曲线。阿奇塔斯创造性地将这些曲线组合起来，使其满足要求。他的解决方法并不像人们所设想的那样过于复杂，而是用了一种了不起的技巧。他在欧几里德之前约半个世纪就取得了这一成果。

毕达哥拉斯学派认识到地球是一个球体，而且他们或许是最早知道这一点的人。他们很可能是从发生月食时投在月亮上的圆形阴影推断出来的。关于月食，他们的解释或多或少有些正确之处(见下图)。他们关于行星体系和恒星的模型可用下图来示意并概括地说明。

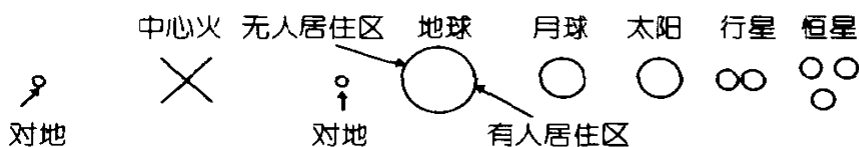


图 3

就像月亮围绕我们地球一样，地球每 24 小时围绕固定的中心火(中心火，而不是太阳!)公转，地球总是以同一个半球朝着这个中心。中心 C.F. 是不能居住的，因为它太热。根据该学派的想像，似乎有 9 个天球都以 C.F. 为中心。在这些天球上镶嵌着地球、月球、太阳、行星和恒星，它们都以独特的速率围绕中心旋转(在我们的图中它们排成一条直线，纯粹只是图示，这种情况可能从未出现过)；还有第 10 个天球，或至少有第 10 个天体“antichthon”或“对地”。关于“对地”，人们还无法确知它是永恒地与地球会合，还是隔着中心火与地球相对(我们设想的图像是两者兼而有之)。无论如何，人们设想地球、中心

火、对地这三者当然总是在一条直线上,因为从未见过对地。对地或许是为了神圣的数字 10 而作的毫无必要的发明创作,但它也可以解释月食现象,即当太阳与月亮处在接近于地平线的相反位置时,就会出现月食。这也许是因为光线在大气中折射的缘故,当星星实际已在地平线下几分钟时,我们才看到星星落下。由于当时人们不知道这一点,按照他们的模型,出现月食也许会很困难,因为它既要求发明一个对地,还要假设月亮以及太阳、行星、恒星都要被中心火照亮,因而地球或对地在中心火的光线中的影子引起月食。

乍一看,这一模型显得如此荒谬,几乎不值得加以考虑。但让我们仔细考虑一下,并且要记住,当时对地球的大小和轨道一无所知。人们所知道的地球的一部分即地中海地区,实际上的确围绕一个看不见的中心在一周 24 小时旋转,且总是同一面朝向它。更精确地说,这导致所有天体的快速周日运动。能将这种运动确认为只是明显的运动,本身就是了不起的成就。关于地球运动的错误观点,以及它以相同运行周期自转的观点,只有相对于周期和运行中心而言才是错误的。对我们来说,这种错误是相当低级和明显的,与公认的常识相比简直不值一提。地球只是扮演了一颗行星的角色,正如太阳,月亮与其他 5 颗行星一样。这是一个令人钦佩的功绩。它使人从“人与他的居住地必定在宇宙中心”的偏见中获得了自我解放,是朝着我们现代观点迈进的第一步。今天人们把地球仅仅归结为一颗行星,它属于宇宙一个星系中的一颗恒星。人们知道,约在公元前 280 年,由萨摩斯岛的阿里斯塔克(Aristarchus,公元前 310 ~ 公元前 230)完成了这

一步。但它不久就被推翻,偏见又恢复并一直持续到19世纪早期,至少在某些地区官方仍如此规定。

也许有人会问,为什么这个中心火完全是发明出来的。仅用可见的太阳和月亮,解释那些异常的日月食,几乎是不能解决所遇到的困难的^[1]。月亮本身不发光,而是被其他光源照亮的。这是很早就有的知识。天空中两个最令人敬畏的现象——太阳与月亮,其周日运动的形状和范围都非常相似;后者是由于这种巧合:月亮在变小的时候离我们近了约几倍。这必然导致人们把二者放在同一基础上,把对月球的了解推及太阳,并认为它们都是被同一个光源照亮。这个光源就是假想的中心火。但是由于看不见它,因此除了“在我们脚下”,就没有其他地方来安放它。只有被我们自己这颗行星挡住视线,才看不见它。

虽然这种模式可能是错的,但它仍是费劳罗的一个功绩。看一下该模型的进一步发展,就会发现,出于先入为主的“完美与简单”的观念而犯的错误,即使十分严重,相对说来也无关紧要。像这样的假设,越是武断,越是毫无根据,造成的思想危害就越小。因为经验会很快地消除它。曾有人说,一个错误的理论,总是比什么都没有要好得多。

在这种情况下,首先是迦太基商人的旅行,扩展到了“赫拉克勒斯之墩”(Pillars of Hercules)^[2]以外的地区。稍后不久,亚历山大远征印度,关于中心火和对地却没有发现,对地中海文化圈外不太适宜居住的那部分地球,也没有任何发现。所以,所有这些都不得不被放弃。随着虚构的中心(中心火)

[1] 这样的日月食是否曾被观察到尚不能确定。

[2] 指直布罗陀海峡东端两岸的两个岬角——欧洲直布罗陀和非洲的穆塞山(Jebel Musa),相传由赫拉克勒斯(Hercules,希腊神话中的大力神,最为人们喜爱的英雄)置于此地。——译注

的破灭，很自然地抛弃了地球周日运行的观念，而代之以绕自己的轴的自转的观点。研究古代哲学史的学者，在确定谁是第一个提出“地球转动的新学说”的问题上存在分歧。有些人说是艾克方托斯(Ecphantus)，他是毕达哥拉斯学派最年轻的一个成员。另一些人则倾向于把艾克方托斯看作是与朋提科斯的赫拉克利德(Heraclides Ponticus，生于黑海赫拉克利的人，是柏拉图和亚里士多德学派的成员)对话的重要人物，而将“新学说”(顺便提一下，亚里士多德提到过它，但反对它)归之于赫拉克利德。但是，也许更为重要的，是强调新学说的不容置疑。地球的自转已经包括在费劳罗的体系中：一个物体围绕一个中心转动并总保持一面对它，就像月亮对着地球那样。这不能说没有自转，而是自转的周期恰好等于公转的周期。这不是个复杂的科学描述。在月亮(及其他相似的行星)的情形下，周期的相等也不是偶然的巧合，而是由于月球早先存在的大洋的潮汐摩擦力或覆盖在月球表面和内部的大气^[1]。

[1] 地球上的潮汐摩擦力对其自转有(非常慢的)阻滞作用。作用在月球上的反作用力应当是一种(非常慢的)从地球后退的力，该力随着月球的公转周期相应增加。由此，人们倾向于这样的结论：即使现在仍可能有某种弱作用力，使得月球的两个周期精确相同。

像我们上面所说的，费劳罗的体系的确认为，地球相对于中心火精确地作这种运动，即以相同的周期自转和公转。放弃后者并不等于发现前者，因为它已经被发现了。我们宁愿倾向于把它看作走在错误方向上的一步，因为确实有公转，尽管是围绕另一个中心。

但是上面提到的赫拉克利德，那个与后来的毕达哥拉斯学派有紧密联系的人，应该受到称赞。似乎正是他对实际情况的认识迈出了最重要的一步。人们已注意到，内行星即水星、金星的亮度有明显的变化。赫拉克利德正确地将它们归因于

与地球距离的变化。因此它们不能围绕地球作圆周运动。进一步发现的事实是：在它们主要的或一般的运动中，它们追随着太阳的行程运动。这也许能有助于正确观点的形成：它们俩无论如何是围绕太阳作圆周运动。相似的理由可以用于同样有相当大亮度变化的火星。最终，正如众所周知的，仅在费劳罗之后的一个半世纪，萨摩斯岛的阿里斯塔克建立了（约公元前 280）日心体系。这个体系的正确性没有被大多数人承认。约 150 年后，“日心说”被“亚历山大里亚的校长”（我们今天的称呼）喜帕恰斯（Hipparchos，公元前 190 ~ 公元前 125）的伟大权威所推翻。

无论如何，毕达哥拉斯学派凭借他们的全部偏见和有关美与简单的先入之见，在理解宇宙的结构这一重要的方向上取得了比较大的进展，比我们上面谈到的爱奥尼亚学派和仅靠思辨的原子论者所取得的进展都大。这是一个令人惊奇的事实，但对今天的严肃科学家一点也没有干扰。由于不久出现的理由，科学家十分倾向于将爱奥尼亚学派〔泰勒斯（Thales，公元前 624? ~ 公元前 546?）、阿那克西曼德（Anaximander，公元前 610? ~ 公元前 546?）等〕尤其是将伟大的原子论者德谟克利特视为思想先驱。然而即使上述最后一位也认为地球像一个扁平的手鼓。这一观点由伊壁鸠鲁（Epicurus，公元前 341 ~ 公元前 270）保持在原子论中，并延续到公元前 1 世纪的诗人卢克莱修（Lucretius，公元前 94 ~ 公元前 55）。头脑清醒的思想家如德谟克里特，厌恶毕达哥拉斯学派毫无根据的、离奇的空想和自傲的神秘主义，拒绝他们所有教义，因为那些教义

给人任意虚构的印象。然而,在早期那些关于弦振动的简单声学实验中,他们所训练出来的观察能力,能使他们透过自身偏见的迷雾而认识到某些接近真理的东西。它为日心说的迅速传播提供了一个良好的基础。令人遗憾的是,在自认为是严肃的科学家、摆脱了偏见、只相信事实的亚历山大里亚学派的影响下,这些接近真理的东西同样被迅速丢弃了。

在这段简短的介绍中,我没有提及克罗顿的阿尔克梅翁(Alcmaeon)有关解剖学和生理学的发现。在毕达哥拉斯的当代人中,他是最年轻的。他发现了主要的感觉神经,并将它与大脑联系起来;他认识到大脑是进行思维活动的中心器官。那时,以及从那之后很长时期,尽管有了他的发现,但人们仍认为心脏、隔膜和呼吸是与心灵或灵魂联系在一起的。这从“心灵或灵魂”之类的比喻性词语可以得到证明。在现代语言中,都能发现这种比喻的痕迹。但是,对于我们现在的目的,讨论至此是足够了。读者在其他地方会很容易看到古代医学成就的更有说服力的信息。

第四章 爱奥尼亚的启蒙

现在谈谈通常被划入米利都 (Milesian) 学派的哲学家 [泰勒斯、阿那克西曼德、阿那克西米尼 (Anaximenes, 约公元前 588 ~ 约公元前 528)], 而在下一章谈谈多少与他们有些联系的哲学家 [赫拉克利特 (Heraclitus, 公元前 540? ~ 公元前 480?)、色诺芬尼], 然后是原子论者 [留基伯 (Leucippus, 公元前 500? ~ 公元前 440?)、德谟克里特]。现在我强调两点。第一, 上述各章的顺序不是按照年代排列的, 爱奥尼亚学派^[1]三个哲学家 (泰勒斯, 阿那克西曼德, 阿那克西米尼) 的鼎盛期分别约在公元前 585 年、公元前 565 年和公元前 545 年, 而毕达哥拉斯是在公元前 532 年。第二, 我希望在本章中指出上述各派整体所起的双重作用。他们像毕达哥拉斯学派一样, 有明确的科学观和目标。而关于“理性与感觉”的争论, 他们与毕达哥拉斯学派的观点是相对立的。对此, 在第二章我已作出解释。他们把世界看成是感觉给我们的, 并试图去解释这个世界, 而且不怕违反常人的一般推理规则。按照他们的思维方式, 他们的世界是感觉的直接产物。的确, 这种思维方式常常从问

[1] 因为米利派都属于爱奥尼亚学派, 所以薛定谔这样说。——译注

题或手工艺的模拟开始,然后应用在航海、制图和三角测量的实践中去。另一方面,让我提醒读者,我们的主要问题是要找出现代科学特有的和多少属于人造的特色。有人(贡贝尔茨、伯内特)认为这些特色起源于古希腊哲学。我们将提出并讨论这两个特色,即,(1)假设世界是可以被理解的,(2)可将构造出的世界图景按比例简化成假定的模型,此模型把作为“理解者”的人(认知主体)排斥在外。第一个特点显然是起源于爱奥尼亚学派的三个哲学家,或者来自泰勒斯,——如果你愿意这么说的话。第二点,即对主体的排斥早已是一个根深蒂固的习惯。在建立像爱奥尼亚学派那样的客观世界图景的任何尝试中,这种习惯是很自然的。事实上,将主体排斥在外的是一个特殊模型,人们对此知道得太少了,以致于人们试图在以精神形式的物质世界图景中去追寻主体,也不管这个物质世界是由特别精细的、易变的和游离的物质构成的,还是由与物质相互作用的幽灵似的东西构成的。这些朴素天真的构造流传了许多世纪,而且今天也远未消亡。尽管我们不能有意识地把这种“排斥”作为明确的一个阶段去探索(可能这永远也不能做到),但我们的确在赫拉克利特(Heraclitus,公元前540?~公元前470?)(鼎盛期约在公元前500)的残篇中发现了明显证据。这表明他对此是了解的。在第二章末我们已提到的德谟克里特的残篇中,可以看到他对以下事实的担忧,即他们建立的关于世界的原子模型完全缺少主观属性,缺少来自感官的资料,而这些资料正是该模型建立的基础。

称之为爱奥尼亚启蒙的运动,开始于那引人注目的公元前

6 世纪；的确，恰巧在那个世纪，在远东也出现了意义深远的思想倾向，这种倾向是与乔答摩佛陀^[1]（Gautama Buddha，大约生于公元前 560 年）、老子（Laotse）以及他同时代年轻一些的孔子（生于公元前 551 年）的名字联系一起的。这个叫作爱奥尼亚的狭窄地带，包括小亚细亚的西海岸以及前面的很多岛屿。爱奥尼亚学派出现在这里，表面上看是上天造化的。但那时爱奥尼亚得天独厚的地理和历史条件，是我用任何语言都无法描绘的；那里的情况非常有利于自由的、冷静的、睿智的思想的发展。现在让我指出三点。

第一，正如毕达哥拉斯时代的意大利南方，此地域不属于一个通常对自由思想怀有敌意的强大的国家或帝国。在政治上，它是由很多小的、自治的、繁荣的城邦或岛邦组成的，实行共和制或是僭主政治。在这两种情况下，它们似乎常常是由头脑最杰出的人统治或管理着。这在整个历史中是一个相当例外的事件。

第二，居住在岛屿上和大陆曲折的海岸边的爱奥尼亚人，以来往于东西方之间的航海来谋生。他们成功的贸易促进了小亚细亚、腓尼基和埃及这边的海岸与希腊、意大利南方和法国南方那边的海岸之间的货物交换。无论何时何地，商业交换永远是思想交流的主要媒介。因为最初开始贸易的人们不是学者、诗人或哲学教师而是海员和商人，所以交流必然都是从实际问题开始的。制造工具，手工艺的新技术，交通方式，航海救护，建海港、码头和货栈的方法，开发水源等等都是人民彼此相互学习的首要事情。在这充满活力的交往过程中，技术和技能

[1] 即释迦牟尼。——译注

的迅速发展造就了聪明的人民，也冲击着理论思想家的思想。人们常常请这些思想家帮助他们使用一些新学到的技艺。如果这些思想家能够从世界的物理结构中抽象出问题的话，他们整个思想的思路可以显出其实际起源的痕迹。这正是我们在爱奥尼亚哲学家中所发现的东西。

第三个有利条件曾有人提到过，简言之，这些团体不信仰宗教。在那里没有像在巴比伦和埃及那样的世袭特权的神职等级；那些人如果本人不是统治者，通常也是与统治者站在一边反对新观念的发展，因为他们本能地感觉到观念的任何变化都有可能将他们及其特权推翻。而在爱奥尼亚，则有那么多条件，有利于倡导独立思想的新时代的兴起。

许多中小學生或年轻的大学生，也许在他们的课本里或其他地方都会偶然见到对泰勒斯和阿那克西曼德等人的概述。他们读到，一个人认为万物都是水，另一个人则认为万物都是空气，第三个人又认为万物都是火。他们学习到这样奇怪的观念：就像是汹涌的航道夹带着窗户（天体），河流在大气中上上下下等等。学生们也许早已厌倦了。他们想知道为什么要让他们对这些天真的、古老的、毫无意义的东西感兴趣。那么，在那个时代发生的思想史上的伟大事件是什么呢，什么事件使得我们称之为科学的诞生，并使我们把米利都的泰勒斯称为世界上第一位科学家呢（伯内特语）？

当时这些人获知的主要观念是：只要尽力正确地进行观察，他们周围的世界是可知的；它不是神鬼和精灵的活动场所，而这些神鬼和精灵仅凭一时冲动以及或多或少的随心所欲来

行动，会被感情、愤怒、爱和复仇欲望所感动，并且会被虔诚的供奉所抚慰。这些人摆脱了迷信，一点迷信也没有。他们把世界看作是一个复杂的机械，它按照他们惊奇地发现的永恒、固有的规律运动。当然，至今基本的科学态度仍是这样。对我们来说，这已是很自然的事了，以至我们忘记了某些人曾经为之去努力地发现并将其制成计划去实施。好奇是激发剂。科学家的首要需求就是好奇。科学家必须具有好奇和渴望发现的能力。柏拉图、亚里士多德和伊壁鸠鲁都强调好奇的重要性。当对世界是一个整体这类普遍问题感到惊奇时，这就并不是琐碎之事了；因为世界的确只给了我们一个，我们无法将它与其他的作比较。

我们称这为第一步，是极为重要的第一步，虽然它并未考虑所提供的解释是否恰当。我认为，说它是一个彻底新奇的思想是正确的。当然巴比伦人和埃及人知道许多关于天体轨道的规律性，特别是关于日月食的规律。但是，他们把这些当作宗教秘密，而不去寻找自然的解释。因而他们当然根本未能用规律性这样的术语来构思对世界的全面描绘。在荷马(Homer, 约公元前9~公元前8世纪)的诗中，上帝和自然事件的抵触频繁出现。在伊利亚特史诗中叙述的抵制以人作祭品的事，概括地说明了上面谈到的状况。但是，为了认识爱奥尼亚人首先创造了一个真正的科学观上的杰出发现，我们不必将爱奥尼亚人与他们之前的人加以对比。爱奥尼亚人在根除迷信方面几乎没有取得成功。迷信一直存在，直到现在仍存在。没有哪个时代不被迷信困扰。对此我并不是针对大众信仰，而是讲一下甚至像阿

图尔·叔本华、奥立佛·洛奇(Oliver Lodge, 1851~1940, 英国物理学家)爵士、赖讷·玛利亚·里克尔(Rainer Maria Rilke, 1875~1926, 奥地利诗人)(只提这几个人的名字)这样一些真正伟大的人那动摇不定的态度。爱奥尼亚人的态度被原子论者(留基伯、德谟克里特、伊壁鸠鲁、卢克莱修)和亚历山大里亚科学学派继承下来, 尽管爱奥尼亚与他们的表达方式不同; 因为不幸的是, 在公元前的最后三个世纪, 自然哲学就与科学研究分开了。这很像现在的情景。从此以后, 科学观逐渐在死亡。从我们纪元的第一个世纪开始, 世界渐渐对道德伦理和各种奇特的形而上学感兴趣, 而不关心科学。直到 17 世纪科学观才重获新生。

第二步几乎是与第一步同时, 可以追溯到泰勒斯。人们认识到构成世界的所有物质具有极大的差异, 但在许多方面又有共同之处, 并认识到世界一定具有内在的相同东西。我们也许应称之为历史早期的普鲁斯特(Proust, 1754~1826)^[1]假说。这是向认识世界迈进的第一步, 也就是补充我们称为第一步的内容——确信世界是可知的。用我们现在的目光看, 我们必须承认, 这一迈进接触了最基本的问题并且极为恰当。泰勒斯大胆地把水看作是基本的东西。但是我们最好不要天真地把他讲的水与我们的“ H_2O ”联系在一起, 而应与液体或一般流体联系在一起。泰勒斯也许已经观察到, 所有生命似乎都由液体中或湿的东西中产生。他认为最熟悉的液体(水)是构成万物的一种物质。他含蓄地指出, 物理聚集状态(固体、流体、气体)是次要的, 不是非常基本的。我们料想, 他不会只是通过说下面的

[1] 法国化学家, 提出定比定律, 认为任何化学物都有恒定的组成。

话得到满足(像可能适合于一个现代人的头脑那样):我们将给它一个名字,称它为物质并搞清其性质。对一个新的发现,人们往往评述过分,使它经常形成一个具有许多详细内容的假说,而这些详细内容以后就消逝了。这是由于我们太想“发现”了,同时也由于科学好奇心的驱动。如上所述,这种好奇心是发现事物的基本要素。编集泰勒斯哲学观点的一些人讲述了一个相当有趣的细节:泰勒斯认为陆地像“一块木头”一样浮在水上。这一定是指有相当一部分陆地已经浸没了。一方面,这使人回忆起关于蒂洛斯(Delos)岛的古老神话:那个岛一直在漂移不定,直到勒托(Leto)在岛上生了一对双胞胎阿波罗(Apollo)和阿耳忒弥斯(Artemis)。这与现代地壳均衡理论是如此惊人地相似。按照这一理论,大陆的确是漂浮在液体上,尽管不是漂在海洋的水上,而是漂在较重的熔融物质上面。

事实上,泰勒斯在他的普遍假设中的“夸大”或“草率”,不久就被他的弟子和助手阿那克西曼德修正。阿那克西曼德比泰勒斯大约年轻20岁。他否认宇宙世界的物质是同一的,否认它是由我们知道的东西构成的。他为此发明了一个名词,称之为“无限”。关于这个有趣的名词,古代就有人费尽心机加以研究,似乎它绝不只是一个新发明的名称。我不准备详细研究它,而是要通过说明什么是第三步重大发展,来追述基本物理概念的发展轨迹。这一步应归功于阿那克西曼德的助手和弟子阿那克西米尼。他又比阿那克西曼德大约年轻20岁(大约死于公元前526年)。阿那克西米尼认识到,物质最明显的转化是“稀释和凝聚”。他明确坚持,每种物质都可在适当条件下转变为固态、

液态或气态。他选择空气作为基本的物质，这样就比他的师傅有更坚固的根基。的确，如果他说出了“游离的氢气”这种话（他不太可能讲这些话），那么他就离我们现在的观点不远了。他说，无论如何，较轻的物体（即火和大气顶部的较轻、较纯的元素）是由空气进一步稀释形成的，而雾、云、水和固体地球是由空气一步步凝聚的结果。这些主张是在当时的知识和概念范围内所能达到的最充分的和最准确的。请注意，这不单单是一个体积的微小变化问题。由普通气体状态转变为固态或液态的过程中，密度要增加一两千倍。例如，在常压下，一立方厘米的水蒸气被压缩时，可缩小为直径小于 $1/10$ 厘米的一滴水。阿那克西米尼的观点是，液体水甚至于一个坚硬的固体石头是由一种基本气态物质凝聚后形成的（尽管这看上去与泰勒斯的相反观点很相同）。这个观点是比较大胆的，而且与我们现在的观点很相近。因为我们确实认为，气体是最简单的、最基本的和“非聚集”态的，在介质的参与下，气体形成相对复杂的液体或固体，而介质在气体中起了辅助的作用。阿那克西米尼没有沉醉于抽象的幻想中，而是急于将他的理论应用于实实在在的事实中。从中可以看到，他在某些情况下具有惊人的洞察力。关于雹和雪（两者都是水构成的固体状态，即冰）的区别，他告诉我们，雹是正在从云（即雨滴）中降落的水冻结而形成的，而雪是云雾本身凝结成为固态的结果。现代气象学课本告诉大家的内容与上述解释非常相近。让我顺便插一句，阿那克西米尼还说过，星星不给我们热量，因为它们距我们太远了。

但是，到今天为止，稀释—凝聚理论最重要的一点是，它是

原子论的垫脚石。随后不久,原子论真的接踵而至。这点很值得注意。因为对我们现代人来说,这是不明显的。我们太圆熟了。我们对连续体的观念十分熟悉,或者说我们相信我们自己对此会是熟悉的。对这个概念给我们的头脑带来的极大困难,我们是不熟悉的。此外,我们已经对近代数学[狄里克莱(Dirichlet)、戴德金(Dedekind)、康托尔(Cantor)]有研究。希腊人遇到了这些困难,完全了解它们,同时也被它们所深深震动。这可从他们的困惑中看出,因为对边长为1的正方形,“没有数”对应于它的对角线(我们说是 $\sqrt{2}$);还可从埃利亚的芝诺(Zeno, 336?~264?)关于阿基里斯和乌龟、飞行中的箭等著名悖论中,以及从其他关于沙子的悖论、线是点构成的(如果是这样,会有多少点?)这种循环问题看出来。我们(我们中不是数学家的那些人)已经学会了逃避这些困难,但尚未学会去如何理解希腊人对这方面问题的想法。我认为,这其中相当大的原因是由于十进制记数法。在我们学生时代的某些时期,我们被迫去吞咽以下这些东西:人们可以构思十进制小数,它的数字延长至无穷,而且甚至当简单的循环数不能表明的时候,这个十进制小数也能够代表一个数字。这些东西被我们早年学过的一点数学知识所强化,例如 $1/7$,没有与其相对应的十进制有限小数,而是一个无限循环小数:

$$1/7 = 0.142857142857142857 \dots$$

这种情况与下面的情况呈现出具大的差别,例如

$$\sqrt{2} = 1.4142135624 \dots$$

我们认识到,无论我们选择什么作为“基数”^[1]来代替常规

[1] 2 的平方根以七位制法读作:1.2620346...

的基数 10, $\sqrt{2}$ 都保留了它的特点。当然, 对于 7 作为基数, 得到 $1/7$ 的七进制小数为:

$$1/7 = 0.1。$$

不管怎样, 在我们吞咽了这些东西以后, 我们发现我们处在这样一个状况: 如果将直线上的某一点标作 0 的话, 我们可以把直线上 0 与 1 之间的任意点, 或 0 与无穷大之间或负无穷大与正无穷大之间的任意点都看作是一个定数。我们感到我们拥有并能够控制这个连续体。

除此之外, 我们知道, 一根橡皮筋可以在很大程度上拉伸; 或者当孩子吹气球时, 气球的橡胶也可被很大程度地拉伸。不难想像, 我们能够用固体橡胶做类似的事情。因此我们也不难做出一个体积和形状变化极大的连续的物质模型。尽管 19 世纪相当一部分物理学家发现这样的模型的确是不易的。

正是由于上述原因, 希腊人不可能这么做。因此, 他们迟早必然会用物体是由不连续的粒子构成的来说明体积的变化。这些粒子自身不变, 但是由于彼此间的退离或靠紧, 使得它们之间有了或大或小的虚空。这正是他们的原子理论, 也是我们的原子理论。他们缺少关于连续体的知识。也许正是这样一个缺陷, 恰好把他们引向了一个正确之路。50 年前, 人们还能够接受这个结论, 尽管它具有实质的不可能性。1900 年普朗克 (Planck, 1858 ~ 1947) 对作用量子的发现揭开了现代物理的最新一幕, 指出了与上述相反的方向。尽管我们从希腊人那里接受了普通物质的原子论, 但似乎仍没有恰当地使用我们所熟悉的连续体。我们已对能量使用了此概念, 但是普朗克的工

作则令人怀疑其充分性。我们还在空间和时间中使用此概念；它几乎进入不了抽象几何学中，而且最终证明它也不适合物理空间和物理时间。我相信，米利都学派对物理观念的发展做了许多贡献，最重要的是对西方思想的贡献。

关于这一学派的一个著名陈述是，他们认为所有物质都是有生命的。亚里士多德在谈到灵魂时，告诉我们：一些人认为它是与“整体”混合在一起的；而且泰勒斯也认为万物都充满着神灵，他将某些运动能力归因于灵魂，甚至说石头也有灵魂，因为石头能够移动铁（当然，这指的是天然磁石）。在其他场合也有这样的和类似的性质，例如琥珀被磨擦后产生静电，这些都是泰勒斯认为无生命力的东西也有灵魂的原因。此外，据说泰勒斯把上帝当作宇宙的大脑，并认为整个宇宙都是有生命的（被赋予了灵魂），也充满了神灵。此后的古代学者为米利都学派起了“万物有生论者（hylozoist）”的名字，以表明对其观点的看法。这看上去一定够奇怪、够孩子气的。柏拉图和亚里士多德对有生命力的和无生命力的事物作了明确的区分：有生命力的就是自己能够移动的，例如人、猫、鸟、太阳、月亮和行星。一些现代观点与万物有生论者所指的和感觉到的东西非常接近。叔本华将其关于“意志”的基本观点延伸到万物上，他认为意志不仅存在于动物和人的自发运动中，而且存在于滚落的石头和生长的植物中（他把有意识的观察和理智看作是第二位的、附属的，对此观点我们不在这里争辩）。尽管是休闲时的玩笑，伟大的心理兼生理学家费希纳（G. Th. Fechner, 1801~1887）关于植物、星球、星系的“灵魂”的说法，读起来仍是很有趣的，让

[1] 第1版,第302页。

你觉得与讲述白日梦差不多。最后,让我引用查尔斯·谢灵顿(Charles Sherrington)爵士于1937年~1938年在吉福德(Gifford)演讲的内容。这些内容发表在1940年出版的《人的本性》中。其中很多页都是讨论物质事件,特别是有机体行为的物理的(能量的)方面。这位爵士指出了我们现代观点的历史地位,并总结道:“……在中世纪,以及之后……像在亚里士多德之前一样,存在着区别有生命和无生命的难题,以及确定两者界限的困难。今天的课程对此难题的原因解释得一清二楚,也解决了这一难题。两者之间没有明显的界限。”^[1]如果泰勒斯能够读读这些话,他会说“这正是在亚里士多德之前我坚持了200年的观点”。

有机自然和无机自然形成了一个不可分的集合这一观点,并没有使米利都学派坚持的贫乏的哲学陈述保持不变。例如,事实上也没有使叔本华坚持的贫乏的哲学陈述保持不变,他的主要错误是他反对(或也许最好说是无视)进化,尽管按拉马克(Lamarck, 1744~1829)的说法,生物进化是在他那个时代建立的,并对一些现代哲学家有重要影响。而米利都学派的人立即得出结论,理所当然地认为生命不管怎么说显然是从无生命物质逐渐起源的。上面我们提到,泰勒斯决定以水作为最初物质,大概是因为他认为他见到了生命在潮湿中或雾中自发地形成。当然,在这一点上他是错的。但是他的弟子阿那克西曼德仔细思考了生物的起源和发展,得出了极为正确的结论。更重要的是,他是通过极为可靠的观察和推理得到这些结论的。从刚出生的陆地动物包括人类的婴儿的无助性,他得出的结论

是,这不可能是生命的最初形式。可是,对鱼的后代是从卵产生的这一事实,通常没有给予进一步的注意。小鱼们不得不独自生存下去——而且我们还要补充一句——它们能够更容易地生存下去,因为重力在水中被抵消了。因此生命必然来自水中,我们自己的祖先就是鱼。所有这些与现代的发现是非常吻合的,而且本质上是合理的,以致人们对被加进去的浪漫细节表示遗憾。与我们以上讲的形成对照,某些鱼,大概是一种鲨鱼,被认为是用特殊的关怀抚养着它们的婴儿。的确,鲨鱼是将婴儿保存在(甚或将婴儿带回)它们的子宫中,直到小鲨鱼到达了能够完全维持它们自己生存的时候才让它们生出。据说,阿那克西曼德支持这样的观点:这种爱子的鱼是我们的祖先,我们是在它们的子宫中生长,直到有一天我们能够出来,到达陆地并能生存下去。对于这个浪漫的和无逻辑的故事,人们不禁想起,我们的大部分(如果不是全部)叙述,是由那些从心里不赞同阿那克西曼德理论的人写的,那些理论被伟大的柏拉图不公正地给嘲笑了。因此从那些叙述中很难理解阿那克西曼德的理论。会不会像阿那克西曼德非常适当地指出的那样,在鱼和陆地动物之间也许还有一个过渡阶段——称为两栖类(即青蛙所属的类),它们在水中产卵,然后它们在水中出生并开始它们的生活,之后经过相当的变形后来到陆地上生活了一段时期。某些人发现鱼能逐渐变成人这种说法太可笑了,因而他能很容易地将之歪曲成为一个“可解释”的故事,使人能够在鱼中生长。这与苏格拉底(Socrates,公元前469~公元前399)——柏拉图学派的人用于自娱的自然史浪漫小说有点相像。

第五章 色诺芬尼的宗教信仰 爱非斯的赫拉克利特

在本章里我想讲两个伟大的人物。他们的共性是都给人们一个独行者的印象。他们是深刻而又具有开创性的思想家,虽然受到他人的影响,但不属于任何“学派”。色诺芬尼生活的时期,最有可能是公元前 565 年以后的世纪。他在 92 岁时,讲到自己在最后的 67 年间已经游历了希腊各个国家(当然,包括 *Magan Graecia*)。他是一位诗人,他的精彩诗句的残篇流传至今。伊利亚特的战歌倒还保留着他和恩培多克勒、巴门尼德的六韵步诗行和挽歌对句的大部分却都丢失了,人们对此深深地感到遗憾。在我看来,即便如此,现存的这些哲学诗句比《阿基里斯的愤怒》(无论你认为它是关于什么的)^[1]更有趣,是更值得而且更适合我们在学校阅读的内容。按照威拉莫维茨(*Wilamowitz*)的说法,色诺芬尼“提倡曾在地球上存在过的唯一真正的神教”。

[1] 作者认为,伊利亚特并不只是战歌,它的失传会令人深深感伤。——译注

公元前 6 世纪的一些人在意大利南方发现了岩石中的

化石,并正确地作出解释。色诺芬尼就是其中的一位。我想在这里引述他的一些著名的段落。从中我们可以知道,在那个时期,一个高明的思想家对待宗教和迷信是什么态度。

当然,要给世界的科学观留有一些空间,必须先要清除掉像朱庇特举起雷电并降下霹雳和阿波罗散布瘟疫来发泄愤怒等观念。

色诺芬尼说(11节)^[1],荷马和赫西奥德(Hesiod)^[2]把人类的欺骗、盗窃、通奸、尔虞我诈等所有耻辱和不光彩的事都归之于上帝。色诺芬尼还指出(14节),人类认为,上帝是以人为根据而创造出来的,上帝有人的衣服、人的声音、人的形状。

让我们插问:普通的希腊公众如何接受这样一个低级概念的上帝?我认为答案是:对他们来说似乎这并不低级。相反,它证明了上帝的力量、自由以及独立性。上帝允许他们做那些我们谴责的事情,却不谴责他们,因为我们只不过是可怜的小生物而已。他们依照伟大的、富有的、非凡的、有势力的以及在他们中有影响的人加以想像,去塑造他们的上帝。那时,他们很可能是像今天某些人:滥用权势和财富的力量逃避法律、肆意犯罪和不顾廉耻地为所欲为。

在一些残篇的诗行中,色诺芬尼挖苦嘲笑神灵,说他们显然只是人类想像出来的产物,并废黜了神灵。

(15节)是的,如果牛和马或狮子有手并可用手画画,可像人一样制做艺术品的话,马可把神画成马,牛可把神画成牛;它们可把神的身体画成它们各自的样子。

[1] 这些残篇的序号完全是按照迪尔斯编辑的第一版排列的。

[2] 公元前8世纪的诗人。——译注

(16 节) 埃塞俄比亚人把他们的神塑造成为黑皮肤、扁平鼻子的;色雷斯人说他们的神长着蓝眼睛红头发。

下面几段极其清楚地告诉我们色诺芬尼自己对于神(早期用的是单数)的看法:

(23 节) 一个神,神和人中最伟大的,既不是人的样子,也不是人头脑中想像的样子。

(24 节) 神看见一切,思考一切,听见一切。

(25 节) 但是神不用费气力,而是用他心灵中的思想去控制一切。

(26 节) 神永远居住在某一个固定的地方,从不移动,也不为他自己的事情到处走。

给我印象极深的是下面的不可知论:

(34 节) 从来就没有也不会有一个人对神有某些了解,并知道我谈到的一切事情。即使他偶然说出一个完备的真理,他自己也不知道所说的就是真理,而认为只是一时的观点。

让我们现在再看一下稍后的一位思想家,爱非斯的赫拉克利特。他年轻一些(鼎盛时期为公元前 500 年),大概不是色诺芬尼的弟子,但是熟悉色诺芬尼的著作,并受其本人和较老的

爱奥尼亚人的影响。我敢说,他已超越过了古代的“模糊”,就是这个原因,他被斯多葛学派的创建者芝诺及其以后的斯多葛派学者包括塞内加(Seneca,公元前4~公元65)^[1]利用。一些残篇证明了这一点。他的物理世界图景的细节没有什么意思。他的观点具有爱奥尼亚启蒙的一般倾向,与色诺芬尼相似,带有很强的不可知论色彩。一些朴素的和有特色的论述如下:

[1] 古罗马哲学家、政治家和剧作家,哲学著作有《论生命》、《论愤怒》、《论幸福》等,悲剧有《美狄亚》《奥狄浦斯》等9部。——译注

(30节)这个世界,对我们所有人都是一样的,它既不是神创造的,也不是人创造的。它以前、现在和将来都是活火,有些部分越烧越旺,有些部分则熄灭了。

(27节)当人们死去时,等待他们的既不是他们盼望的也不是他们梦想的东西。

模糊残篇(在伯内特的译文中)的一个例子是:

(26节)人在夜里为自己点亮灯光,当他死了的时候灯还亮着。睡着的人,虽然他的视觉已不起作用,但他从死人那里得到光亮;醒着的人从熟睡的人那里得到光亮。

在我看来,一些残篇包含了非常深刻的认识论见解,即:因为所有知识都以感觉为基础,这些感觉一定是事先就有的;不管它们是产生于醒着的状态、梦中或是幻觉,也不管它们是否产生于人们可靠的头脑,都是同样有价值的。起到重要作用和使我们能够根据它们构造一个可靠的世界图景的东西是:对我

们所有的人，或对所有清醒的人，构造成这个世界是一个共同的图景。（你们一定不会忘记，在那个时代，把梦中的幻象看作一些真实的东西，是司空见惯的事：希腊神话充满了这类的故事。）这些残篇写道：

（2 节）因此有必要去追随共同的东西。但是当原因相同时，大多数人在实践中好像又有各自的理解。

（73 节）我们绝对不能像睡眠的人那样做事和说话。（解释：因为在我们睡觉时我们也相信自己在行动和讲话。）

主要的：

（114 节）那些凭借清醒头脑讲话的人，必定能够紧紧地抓住对所有人都是共同的东西，正像一个城市以法办事才会强大有力：因为人间的所有法律都是由一个神的法律提供的。这像它后来一样流行，并能适用于所有的事情而绰绰有余。

（89 节）醒着的人具有一个共同的世界，而睡着的人翻身进入自己的世界。

特别给我深刻印象的是他极为强调要紧紧抓住共同的东西，即避免精神错乱，避免成为一个“傻子”。他不是社会主义者，如果有点贵族气质，也许是法西斯者。

我相信这种诠释是对的。在此，对像他这样的人中的这种“共同”，我就能找出一个合理的解释。他曾经讲过类似的话：一个天才要比成千上万的普通人更有影响。他有时强烈地使人们想起纳粹——“伟大的”法西斯者。所有好的事物都是由冲突和斗争造成的。

总结一下，我想，他的意思是，我们形成对周围真实世界的观念，是依据如下事实：我们的感觉和经验有一部分是重叠的，这个重叠部分就是真正的世界。

我认为，一般说来，在人类对世界进行思考的最早期记录中，偶然发现非常深刻的哲学思想，人们不应该感到太惊奇；他们形成和抓住了我们今天仍要为之付出努力和抽象劳动的那些观念，对此人们也不要感到太惊奇。人们也许认为，人类思想的婴儿期（象征性地说）是“更接近自然的”。人们还未获得合理的世界图景，“我们周围的真实世界”的构建还未完成。无论如何，在印第安人、犹太人和波斯人等许多民族古老的宗教著作中，我们的确看到这种早期深刻思想的许多例子。

在对这些早期的深刻哲学认识进行比较时，我不禁想起伟大的梵文学者和风趣的哲学家多伊森（P. Deussen）的一句话。他说：“孩子在他们生命中的头两年不会讲话是一个巨大的遗憾。如果他们能讲话，他们也许会谈论康德哲学。”

第六章 原子论者

与留基伯和德谟克里特（生于公元前 460 年左右）的名字相联系的古代原子论，真的是现代原子论的先驱吗？人们常常提出这一问题；文献中的回答也是众说纷纭。冈姆佩尔茨、考诺特、贝特兰·罗素和 J. 伯内特说“是”；本杰明·法灵顿的回答为“在某种意义上讲”“是”，而且说他自己与前几个人的回答在许多方面有共识。查里斯·谢灵顿的回答是“否”，这是针对古代原子论的纯定性特点而言，是针对用“原子”（不可分割的或不可分的）这个词表达的基本概念而言；他认为使用“原子”一词是个误称。我不知道有哪位经典学者提出过否定性的判断。而如果一个科学家这样说，那他总是认为原子和分子的概念范围属于化学而不是物理学。在这种语境中，他会提到道尔顿（Dalton, 1766 ~ 1844），而不会提到伽桑狄（Gassendi, 1592 ~ 1655）。其实正是伽桑狄研究了现存的伊壁鸠鲁（生于公元前 341 年左右）的十分重要的著作，才把原子论重新引入到现代科学中。伊壁鸠鲁吸收了德谟克利特的理论，而德谟克里特的原著只有极少的残篇流传至今。值得注意的是，在化学

领域,由拉瓦锡(Lavoisier,1743~1794)和道尔顿的发现而带来巨大发展以后,到19世纪末,却由维尔海姆·奥斯特瓦尔德(Wilhelm Ostwald,1853~1932)带头,在恩斯特·马赫的支持下,发动了一场有助于抛弃原子论的(“唯能论者”)强劲运动。人们说,在化学中是不需要原子论的,原子论应被贬为一个未被证明而且不能证明的假设。古代原子论的起源以及它与现代理论的联系,绝非只有纯粹的历史意义。我们还要讨论这个问题。首先,我要简单地概述一下德谟克里特观点的主要特点。它们是:

1. 原子很小,肉眼看不到。所有原子具有相同的本质或性质,它们的形状和大小却千差万别,而且形状和大小是原子的唯一特性。由于原子是相互不渗透的,可通过直接接触相互作用,彼此碰撞、旋转,因此,正如我们观察到的,同类的和不同类的原子以各种形式聚集和组合,并以多种相互作用方式构成了纷繁复杂的物质实体。实体外的空间是虚空。这种观点在我们看来似乎很自然,但在古代遇到了无穷多的矛盾,因为许多哲学家得出结论:事实不是而且不可能是这样的,也就是说不存在虚空。

2. 原子处于永恒的运动中。我们可以把这种运动视为在各个方向上的无规则、无序的运动。因为即使在静止或低速运动的物体中,原子也是在永恒地运动着,此外的情形是不可想像的。德谟克里特清晰地阐明,在虚空中没有上下前后之分,没有任何方向具有优越性。我们会说,虚空是各向同性的。

3. 原子是由自身维持着不停的运动,它不会静止,这被认

为是理所当然的了。由猜测而发现的惯性定律应该是一个伟大的功绩,因为它与经验是明显矛盾的。2000 多年后,伽利略通过对摆锤的观察及做了球在斜面上滚动的精心实验后,天才地总结出了这一定律并揭示了其本来面目。但在德谟克里特时代,惯性定律似乎是根本不能接受的。它使亚里士多德陷入了极大的困惑。他认为只有天体的圆周运动才是永远不变的自然运动。用现代术语说,就是“原子具有惯性质量”,是惯性质量使原子在虚空中维持着自身的运动,并影响到与其撞击的其他原子。

4. 以前人们没有把重量或重力视为原子的基本性质。他们创造了一种巧妙的解释:较大较重的一些原子绕中心作较慢的旋转,而较轻的一些原子被甩出去或抛向天空。读到这种描述,我们会联想到在离心力作用下的情况。当然,离心力的情况与上述描述相反,明显较重的物体被甩出去,而较轻的物体趋于中心。另一方面,如果德谟克里特当时沏一杯茶并用小勺搅拌的话,他会发现茶叶聚集在杯子的中心,这是说明他的旋转理论的一个极好的例证(其实以上例子的真正原因恰恰相反,即中心的旋转比外部更强,因为外部的旋转被壁阻滞了)。令我惊奇的是:人们会认为,由于不停的旋转而产生重力的想法,会自然地导致一个球形对称的世界模型,因此就有一个球形的地球。但是当时的情况不是这样。德谟克里特宁可坚信一种不能自圆其说的鼓状模型。他仍认为天体每天的运行是真实的,并让大鼓即地球居于大气层上。这也许是他极其讨厌毕达哥拉斯学派和埃利亚学派的愚蠢说法,以致于不愿接受他们的

任何思想。

5. 但是在我看来,这一理论沉寂了数百年,遭受这一最严重的失败的原因是它牵扯到了灵魂问题;灵魂被认为是由物质原子构成的,它们极其微小,具有极高的机动性,完全渗透于物体中,并使物体产生功能。这是一种悲哀,因为它必然与尔后几个世纪的最优秀、最深刻的思想家的观点完全相悖。我们必须小心谨慎,不要过分严厉地责备德谟克里特。我现在将要证明,这样的人虽然对这种知识理论有很深的理解,其实他是缺乏思考的。他沿用了该原子论,继承了其陈旧的错误概念;其顽固坚持的观点用现在的语言表达就是:灵魂是呼吸。所有用来描述灵魂的古代语词都是指的空气或呼吸:呼气、生气勃勃的、死气沉沉的心理状态等。既然呼吸是空气,空气是原子构成的,因此灵魂也是由原子构成的。这是解决形而上学的核心问题可允许的捷径。实际上,这样的问题至今尚未解决。关于这个问题,可参见查尔斯·谢灵顿的《人的本性》一书中名家的探讨。

由此产生的严重后果,一直影响了许多个世纪的思想家,并以一种几乎没有变化的形式至今困扰着我们。只要在任何时刻原子的相继运动是由其当前的结构和运动状态独立决定的,那么,世界是由原子和虚空构成的这种模型,就成为“自然本身是可以理解的”之基本前提。在任一时刻所达到的状态,必然会导致另一种状态,后者又引起新的状态,这样继续下去直到永远。整个过程是由开头严格地决定的,因此我们看不到它如何会包含生物的行为。我们作为生物的一种,清楚地意识到,我们可以在很大程度上随心所欲地选择我们身体的行动。如果这种

心智或灵魂本身是由原子构成的，这些原子也以同样必需的方式运动，那么似乎就没有伦理学或道德行为的立足之地了。我们只是严格地被物理定律所强迫，每时每刻做着我们要做的事情。考虑对错还有什么用处呢？如果自然定律有如此强大的威力并使道德法则无效，那么哪里还有道德法则的存在空间呢？

这种自相矛盾的问题，在 23 个世纪以前不能解释，今天仍不能解释。我们仍然能将德谟克里特的假设分解为一部分是相当可信的，另一部分则是十分荒谬的。他承认：

(a) 生物体内所有原子的行为是由自然界的物理定律决定的。

(b) 上述原子中的一些，构成我们称为心智或灵魂的东西。

我认为德谟克里特非常相信自己的理论，他坚定地坚持 (a)，即使无论有 (b) 还是没有 (b) 都会自相矛盾。的确，如果你承认 (a)，你身体的运动是预先决定的，无论你如何看待心智，你都不能解释你随意行动时的感觉。

真正荒谬之处是 (b)！

不幸的是，德谟克里特的继承者伊壁鸠鲁和他的弟子发现，他们自己的心智不足以面对这种矛盾，就放弃了值得信任的假设 (a)，而坚持极大的谬误 (b)。

德谟克里特和伊壁鸠鲁之间的不同是，德谟克里特还能谦虚地认识到自己的无知，而伊壁鸠鲁却十分肯定他自己知道几乎一切事物的实质。

伊壁鸠鲁还给该体系添加了另一条谬论。此谬论得到了他的所有追随者真诚的响应,其中当然包括卢克莱修。伊壁鸠鲁是一个纯粹的感觉论者。如果感觉给了我们结论性的证据,我们必须相信它。如果没有这样的证据,我们就可以提出任何合理的假设去解释我们所看到的東西。不幸的是,他认为感觉可以给我们关于事物的无可置疑的结论性证据,包括太阳、月亮和恒星的大小。他特别谈及太阳,提出(a)太阳的圆周线是轮廓分明的,而不是模糊不清的,(b)我们能感觉到太阳的热。他进一步提出,如果陆地上的大火离我们很近,足以看清它的轮廓线并感觉到来自它的热,那么我们也就看清了它的真实尺寸,“它有多大我们就能看到多大!”结论是:太阳(月亮和恒星)就只是我们看到的那么大,不会更大也不会更小。

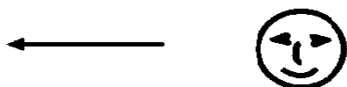
上述说明的最荒谬之处当然是“像我们看见的一样大”。令人惊奇的是,即使是现代哲学家谈论此观点时,他们不是对这种无意义的表述感到震惊,而只是对伊壁鸠鲁也同意这一点而震惊。他生活于泰勒斯之后近3个世纪的雅典,却不能区分角度的大小和线性尺寸,而泰勒斯能像我们现在这样用三角测量法测出船的距离。

让我们相信他的话的表面涵义。他能指什么?那么我们看到的太阳有多大?如果真的是和我们看到的一样大,那么太阳离我们有多远?

该角度是 $1/2$ 度。由此很容易算出,假设太阳离我们10英里远,那么它的直径大约是1英里的 $1/10$ 即500英尺。我想任何人不会认为,太阳给人的直觉印象犹如一个大教堂。如

[1] 英里 = 1.6093 公里, 1 英尺 = 0.3048 米。——编注

果我们允许他将此数值扩大 10~15 倍, 那么太阳的直径就是 1.5 英里, 而距离为 150 英里^[1]。这就是说, 当早晨你在雅典的东方地平线上看见太阳的时候, 它实际上正在从小亚细亚的海岸线上升起。请想一下!



Syracuse	Athens	Samos	Babylon
锡拉丘兹	雅典	萨摩斯岛	巴比伦
(美国纽约州中部城市)		(希腊, 在爱琴海东部)	

是否他认为太阳水平地越过地中海? 由于他忽略了角度, 这是很有可能的。这是由于他忽略了可能相当大的角度。

无论如何, 我认为这表明了, 在德谟克里特之后, 物理学的色彩已被哲学家淡化了。这些哲学家对科学并非真的有兴趣, 而且, 由于他们作为哲学家的巨大影响, 使得物理学受到了损害, 尽管在亚历山大历亚及其他一些地方他们曾进行了杰出的专门研究工作。这对大多数人们的态度没有多少影响, 其中甚至包括西塞罗(Cicero, 公元前 106~公元前 43)^[2]、塞内加或普卢塔克(Plutarch, 46?~120?)^[3]。

现在让我们回过头来看一下本章一开始提出的历史问题。我曾说过, 它们并非只有历史意义。我们在此面对的是思想史上最有力量的案例。令人惊异的关键点是: 伽桑狄和笛卡尔(Descartes, 1596~1650)把原子论引入到现代科学中。从

[2] 古罗马政治家、演说家和哲学家, 任执政官时挫败喀提林阴谋, 力图恢复共和政体, 发表反安东尼演说而被杀。著有《论善与恶之定义》、《论法律》、《论国家》等。——译注。

[3] 古罗马传记作家、散文家。一生写有大量作品, 其中最著名者为《希腊罗马人比较列传》。——译注

他们的生活和著作中，我们知道一个真正的历史事实。他们完全清楚自己所做的工作是吸收了古代哲学家的理论，并对这些哲学家的著作曾有过深入的研究。此外，更重要的是，如果我们采用自然哲学家的标准，而不是用专业人员那种缺乏远见的观点来看，古代理论的所有特点在今天的理论中仍然生机勃勃，并被大大地扩充和广泛地详尽阐述，但没有改变。另一方面，我们知道，对德谟克里特或伽桑狄所认识到的那些基本特性，现代物理学家并未提供大量支持性的实验证据。

无论这种事情何时发生，人们都必须正视两种可能性。第一，早期思想家侥幸地作出了一种猜想，后来它被证明是正确的。第二，我们谈论的思想模型不只是基于现代思想家所相信的新近发现的证据，而是基于以前知道的简单得多的事实的综合，并基于人类智力先验的结构，或至少是人类智力的天生偏好。如果第二种情况的可能性得到证明，那么它是极为重要的。当然，即使它是确定的，我们也不必放弃这个概念——在此是指仅仅作为头脑中的一种假设的原子论。但是，原子论将使我们更深地洞察我们思想图景的起始和本性。如果可能，这些思考将激励我们去探索：古代哲学家是如何导出他们的不可改变的原子和虚空的？

就我所知，没有现存的证据会作为我们的向导。今天，如果我们说明自己的或别人的科学信念，我们感到应该补充说明，为何我们或他们坚信它们或曾经坚信它们。仅有这样的事实——某某人相信这个或那个而没有任何动机，是不会令我们感兴趣的。而在古代，很少见到我们这样的做法。特别是所谓的

古希腊哲学家言论汇编，常常满足于告诉我们如“德谟克里特认为……”这样的话。而在我们现在的的话题中，值得注意的是，德谟克里特本人将他的洞察力作为智力的创造。这可以从下面引用的整个 125 节以及从他对获取知识的两种媒介（即真实的和隐含的）的区分（11 节）看出来，后者即是感觉。当我们试图进入微小的空间范围内时，它们却不能使我们如愿。那么，靠精密的思维器官获取知识的真正方法可以帮助我们。这对于原子理论尤其是显而易见的，尽管现存的残篇中没有明确地提到这一点。

那么，是什么引导他的精密的思维器官产生原子概念呢？

德谟克里特对几何学极有兴趣，而不像柏拉图只是一个热心者。德谟克利特是一个杰出的几何学家。金字塔或锥体的体积是其底面积和高的乘积的 $1/3$ 这一定理，就是德谟克里特的贡献。对于懂得数学计算的他说来，这是轻而易举的。但我曾看到一些很好的数学家，在回忆童年学过的初等证明时遇到了困难。德谟克里特如果不是至少在某一步使用了微积分的替代物（就像小学生做的那样，即骑士原则，至少在奥地利是如此），他几乎不能得到上述定理。德谟克里特对无穷小的意义和困难有很深的洞察力。这从一个有趣的悖论可以得到证明。显然他是在考虑该定理的证明时遇到这一悖论的。用一个平行于底面的平面将一个锥体切成两部分，两部分的切口形成两个圆（上面是个小锥体，下面是个锥柱），那么这两个圆是相等还是不相等？如果不相等，那么因为这种情况适用于任何这样的切口，因此，锥体的侧表面将不是光滑的而是锯齿

状的。如果你说它们是相等的,那么,由于同样的理由,这不就意味着所有这些平行的片断都是相等的,并且这个锥体就是一个圆柱了吗?

由此以及由现存的其他两篇手稿的标题(“观点的差异或圆和球的联系”、“荒谬的线和固体”),人们得到如下印象,他最终能够清晰地区分一个物体、一个表面,或一条性质明确的线(如一座金字塔、一个正方形的面或一条圆形线)的几何概念和关于一个物理实体的这些概念或多或少的不完善认识(一个世纪后,柏拉图从他的“理念”中推断出第一个范畴,而且我认为,这些理念有他的原型在其中,这样就用形而上学把事情搞糟了)。

现在把以上讲的与下面的事实综合起来。这一事实就是:德谟克里特不但了解爱奥尼亚哲学家的观点,而且可以说已经继承了他们的传统。此外,正如我们在第四章谈到的,爱奥尼亚的最后一位哲学家阿那克西米尼与我们现代的观点完全一致,并成功地坚持,被观察到的物质的所有重大变化显然实际上都是由于稀释和凝聚。但是如果实际上物质的每一微小部分(无论多么小)变得稀薄或压缩得更紧密,那么,说物质本身仍保持不变还有什么意义吗?几何学家德谟克里特能够很好地构想这个“无论多么小”。显而易见的办法是,把任何物理客体都设想为实际上由无数小物体构成的,它们总是保持不变的,当它们彼此离远时,就变得稀薄,当它们聚集在一个很小的空间中时,就发生凝聚。为了使它们能在有限范围内这样变化,一个必要的条件是它们之间的空间是虚空的,即根本不存在任何东西。

同时,通过把来自几何概念的悖论和挑战转换为它们的不完备的物理认识,纯几何陈述的完整性就可以得到拯救。就此而论,一个真实的圆锥体的表面或任何一个真实物体的表面,其实是不光滑的,因为其表面是由顶层原子形成的,这样表面布满了小孔,小孔之间有些地方凸起。普罗塔哥拉(他提出了这种挑战)也能同意,当一个真实的球处在一个真实的平面上时,并非只有一个点与平面接触,而是有整个一小块“接近于”接触。所有这些都不会破坏纯几何的精确性。说这是德谟克里特的观点,是从辛普利修斯(Simplicius, ?~483)的论述推断出来的。他告诉我们,根据德谟克里特的观点,他的物理上不可分的原子,在数学意义上是可分的,即无穷小。

在过去的 50 年里,我们已获得了“真正存在不连续的微粒”的实验证据。由于最有趣的观察涉及的范围很广,而且 19 世纪末的原子论者即使在他们最奇异的梦中也不曾想到过,我们在此不能一一介绍。我们用自己的眼睛,可以在威尔逊云室和在照相感光乳剂中看到记录下来的单个基本粒子的直线轨迹。我们有这样的仪器(盖革计数器),它能对进入仪器的单个宇宙射线粒子作出响应,可听到“咔哒”一声。此外,该仪器可以设计成这样:每“咔哒”一声,普通的工业用电子测量仪表就走一下,这样就能在给定时间里对进入的粒子计数。这样的计数可用不同方法和在不同条件下完成,但其结果都是一致的,而且与没有获得这种直接证据之前早就发展起来的原子理论一致。从德谟克里特到道尔顿、麦克斯韦(英, J. C. Maxwell, 1831~1879)和玻尔茨曼(Boltzmann, 1844~1906)这些

伟大的原子论者如果还活着，一定会对这些证明他们信念的可感知的证据狂喜不已。

但与此同时，现代原子论陷入了危机。毫无疑问，那种简单的粒子理论是太幼稚了。从上面对它的起源的思索中，对这一危机完全不必感到震惊。如果这些思索是对的，那么，原子论就被锻造成了克服数学连续性的武器。我们已经看到，德谟克里特对此是清清楚楚的。对他来说，原子论是在物理学的真实物体与纯数学的理想几何形体之间的鸿沟上架起的一座桥梁。但这不仅仅是对德谟克里特。在某种程度上，原子论在其漫长的历史中完成了这样的任务，即促进了我们对可感知物体的思考。一块物质，在我们的思想中被分解成数量极大却又数巨有限的组成部分。我们可以设想能够数清它们，而实际上我们不能数清 1 厘米长的直线上有多少个点。在我们思维中，我们能数出给定时间内相互碰撞的数目。当氢和氯结合形成氯化氢时，在我们头脑中能把两种原子分成一对一对的，而且认为每一对结合起来形成一个新的小物体，一种化合物的分子。这种计数，这种分对，这整个思维方式，在发现最重要的物理原理方面发挥了重要的作用。如果把物质看作是连续的、无结构的胶体，在这方面是不可能取得这样的进展的。由此，原子论被证明是硕果累累的。而且，人们对它思考得越多，就越禁不住考虑它在多大程度上是一个真实的理论。它真的是关于“我们周围世界”的真实客观结构所建立的唯一理论吗？它不是用人类理解能力的本性、即康德称之“先验的”本性所决定的重要方式建立的吗？所以我认为，我们应该对存在单个粒子的可感知的证据

保持一种极为开放的胸怀。这无损于我们对那些曾给我们知识财富的实验天才的深深敬仰。他们一天天在增加这种知识，并因此促使转向一种悲哀的现实。由此，我敢说，我们的理论理解能力也几乎以相同的速度削减了。

让我引用德谟克里特不可知论和怀疑论的残篇来总结一下本章，因为它们给我的印象最为深刻。这些残篇是由西利尔·贝利翻译的。

（德谟克里特第 6 节）一个人必须根据如下原理来从事研究，他是远远没有接近真理的。

（德谟克里特第 7 节）对任何事物我们真的什么都不知道。但对我们每个人来说，他的观点是一个流入口（即一个谬论的流入口，什么都没有传输给他）。

（德谟克里特第 8 节）要真正了解每个事物是什么，是一件不确定的事。

（德谟克里特第 9 节）事实上我们不能准确无误地认识任何事情，但只有当它根据我们身体的意向以及进入它或碰撞它的那些东西的意向来变化时，才能有所认识。

（德谟克里特第 117 节）我们真的不知道任何事物，因为真理深深地隐藏在最深处。

下面是关于理智和感觉的著名对话：

（德谟克里特第 125 节）（理智）甜是一种约定，苦也

是一种约定，热是约定的，冷也是约定的，颜色是约定的，事实上只有原子和虚空。

（感觉）邪恶的心灵，你从我们身上获得了证据，通过这些证据你将推翻我们？你的胜利就是你自己的失败。

第七章 特点是什么

最后,让我对开篇提出的问题作出回答。

记得伯内特的序言里有几行话:科学是希腊人的发明;在那些受希腊人影响的人之外,科学就从未存在过。之后,在同一本书中,他说:“米利都学派的创始人,因而也是科学的第一人是泰勒斯。”贡贝尔茨(我较多地引用了他的话)说:“我们整个现代思维方式完全是以希腊思维为基础的。因此它是某种特殊的思维方式,是多少世纪以来随历史发展而发展的思维方式,不是普通的思维方式,而是关于自然的唯一可能的思维方式。”他非常强调,我们应该明白这一点,充分认识到它们的独特性,尽可能从它们几乎不可抗拒的魔力下摆脱出来。

那么它们是什么呢?我们的科学世界图景独特之处又是什么呢?

大概基本特性之一是毋庸置疑的,这就是假设自然界的表现是可以理解的。我已反复谈到了这一点。这是一种非精神的、非迷信的和非魔法的观点。关于它,要说的东西很多。人们必须在这样的语境中讨论如下问题:可理解究竟意味着什么?如果

是可理解的,科学在什么意义上给出解释?戴维·休谟(David Hume,1711~1776)的伟大发现是,因果关系是不可直接观察的;它不能说明任何东西,而只是通常前后相继的事件。这是一个认识论的基本发现。它使伟大的物理学家古斯塔夫·基尔霍夫(Gustav Kirchhof,1824~1887)和恩斯特·马赫及其他人坚信,自然科学不能给出任何解释,不能获得任何东西,它的目的只是在于对观察到的事实作出一个完备的和经济的(马赫)描述。这种观点以实证主义哲学更精致的形式被现代物理学家热情地接受了。它有高度的一致性。要反驳它,如果不是不可能的,也是极其困难的。它非常像唯我论,但比唯我论合理得多。尽管实证主义观点表面上与“自然的可理解性”相矛盾,但肯定没有回到迷信和巫术的观点上去。正相反,它将力的概念从物理学中驱逐出去。在这门学科中,这个概念是最危险的万物有灵论的残余。当科学家们实际上只是通过描述抓住了事实时,极易草率地相信他们已理解了一种现象。实证主义观点对于防止这种草率是一副有效的解毒剂。但我认为,即使从这种实证主义观点出发,人们也不应宣称科学不能表达理解。因为即使原则上,我们真的只能观察和记录事实并为记忆方便而整理它们,但我们在各个不同的、相距甚远的知识领域所做出的发现,仍然存在实际的联系。而且,在它们与最基本的普遍概念(如数字1、2、3、4……)之间也存在这样的联系。这些联系是如此惊人 and 有趣,以致于我们在掌握和记录那些事实时,使用“理解”这个词似乎是非常恰当的。在我看来,最突出的例子是热力学理论。它等于是还原成纯数字。与此相似,我想将达尔文

(Darwin, 1809~1882) 的进化论看作我们获得真正见解的例证。在孟德尔(Mendel, 1822~1884)和德·弗里斯(de Vries)的发现的基础上发展起来的遗传学也是如此。而在物理学中,量子力学已得出了一个有发展前途的观点。虽然它在许多方面甚至在遗传学和普通生物学中都是成功的和有所助益的,但它还没有完全达到可理解性。

然而,我认为还有第二个特点。这个特点很少清晰地、公开地展现出来。但它同样具有根本的重要性。这个特点就是,当科学尝试描述和理解自然界时,总是将非常困难的问题简化。科学家们下意识地、不经意地在他所构建的图景中忽视或排除他自己、他自己的人性,即认识主体,从而对理解自然界这一问题进行简化。

思想家在不知不觉中重又成为外部观察者的角色。这对于完成这个任务非常有帮助。但是它留下了空白,巨大的空白,无论何时都会导致悖论和二律背反。人们没有意识到这种世界图景对人的排斥,试图在其中找到自己或放置自己,以及将人的思维和有感觉的头脑放入其中。

这最重要的一步,就是将自己排除在世界图景之外,退回到一个观察者的角色,而对整个自然的运行无能为力。这一步获得了另外一个名字,使其显得是无恶意的、自然而然的而且是不可避免的。这个名字也许应该叫客体化,即把世界看作是一个客体。当你这样做的时候,实际上你已彻底把自己排除在外了。一个经常使用的表述是“关于我们周围真实世界的假设”(Hypothese der realen Aussenwelt)。哦,这是我们对自

然的理解方式的一个明显特点。它至关重要。只有傻瓜才会弃绝它！完全正确，只有傻瓜才会这样！尽管如此，它仍然是一个明显的特点。

在古希腊著作中，我能找到这种想法的清晰痕迹。这就是赫拉克利特的残篇。在前面我们刚刚讨论和分析过这些残篇。因为我们正在构建的就是赫拉克利特的那个“共同的世界”。我们假设这个世界是一个客体，假设在我们周围存在一个真实的世界（正像最盛行的说法）。这个世界的某些部分与我们的一些意识有所重叠。于是，不论是否愿意，每个人都把自己作为认识的主体，即能说“我思故我在”（*cogito ergo sum*）的物体，并把自己排除在世界之外，只站在一个外部观察者的地位上，自己却不属于“这场舞会”。在这里，“存在”（*sum*）变成了“它”（*est*）。

真是如此吗？必然如此吗？为什么如此呢？我们不知道。我现在要说明“为什么我们不知道”。首先，我要说明“为什么如此”。

这么说吧，“我们周围的真实世界”和“我们自己”，即我们的心，都是由相同的建筑材料制造的。可以说，两者用的都是相同的砖，只是以不同的顺序排列：感觉、形象记忆、想像、思维。当然，还需要一些映象。但人们很容易达成共识：物质只是这些元素而不是其他东西构成的。随着科学和自然知识的进步，与原始粗糙的感觉相比，想像力、思维起了日益重要的作用。

事情就是这样发生的。我们可以认为这些元素（让我这样叫它们）构成了我们每个人的心，也构成了物质世界。但我们不

能，即使能也是相当困难地同时思考这两样东西。从精神方面想到物质方面，或者反过来，我们似乎是必须把这些元素分离，然后再用完全不同的顺序将它们组合在一起。例如（很难举出一个例子，但我要试一下），此刻，我的思想是由我感觉到的周围一切事物所组成的：我自己的身体、坐在我面前注意听我讲话的你们、我面前的摘要、特别是我给你们解释的思想，以及如何将这些思想用恰当的语言形式表达出来。但是现在，请注意我们周围的任何一个物质客体，比如我的手臂。作为一个物质客体，它不仅是由我自己对它的直接感觉组成的，而且是由我转动它、移动它，及从不同角度来观察它这些想像的感觉组成的。此外，它也由我想像你们的感觉组成的。如果你是从纯科学的角度来思考它，如果你取到它并分割它，以使你确信它的固有性质和组分，那它就是由你能确定的和你实际发现的东西所组成的，等等。在我谈论这只胳膊及我们周围真实世界的客观性质时，涉及到我和你们的所有感觉能力和潜在认识，这些是数不胜数的。

下面的比喻不是很好，但它是我能想到的最好的：一个小女孩收到了一盒精心制作的不同大小、不同形状、不同颜色的砖。他能用它们建造一座房子、一座塔、一座教堂，或中国的城墙等等。但他不能同时用它们建造两座建筑物，因为在每一种情况下都需要，至少部分地需要同一些砖。

这就是为什么我相信，在构建我们周围的真实世界时，实际上确实排除了我的思想。这件事是正确的。而我没有意识到这种排除状况。接下来令我感到非常吃惊的是，我周围的真实

世界的科学图景是有严重缺陷的。它给出了许多与事实相关的信息,把我们的经验按极其协调的秩序整理好。但是,它对离我们的心最近的,对我们说来真正是物质的每一个人,却闭口不谈。关于红与蓝、苦与甜、身体的痛苦与快乐,它不能告诉我们一句话;对于美与丑、好与坏、上帝与永恒,它也一无所知。有时科学佯称回答了这些方面的问题,但这些答案往往是如此愚蠢,以致我们不会非常认真地对待它们。

因此,简言之,我们不属于科学为我们构建的这个物质世界。我们不在其中,我们在其外。我们只是观众。我们认为我们在其中,认为我们属于这个图景,其原因是我们的身体在这个图景中。我们的身体属于它。不仅是我自己的身体,而且我朋友的身体,还有我的狗、猫和马的身体,以及所有其他人的身体和他们的动物的身体都属于这个图景。这就是我与它们联系的唯一方式。

此外,我的身体被隐含在相当多的有趣的变化中,如运动等。这些变化是在物质世界中发生的。而且我的身体也被隐含在这样一种方式中,即我自己也是这些变化的部分作者。但这就出现了这种僵局,一种非常尴尬的科学发现:我不必作为一个作者。在这个科学的世界图景中发生的所有这些事件,只照管它们自身。它们可以用直接的强有力的相互作用来充分说明。甚至人体的运动也像谢灵顿所说的“是自动的”。科学的世界图景对发生的所有事件都给予了完备的理解,使它成为一个可理解的事件。这个图景使你把世界的整个表现都作为机械时钟的行为,对科学所认识到的一切,这种过程会继续按部就班

地进行下去,没有意识、意志、劳累、痛苦和快乐以及与它相关的责任,尽管它们实际上都是存在的。造成这种困扰状况的原因就在于,为了构建外部世界的图景,我们已经使用了极其简化的手段,把我们的人性排除了,移走了。因此它去了。它已消失了。显然它是不必要的。

尤为重要的是,这就是为何科学的世界观本身不包括伦理价值、美学价值,而且对我们的终极目标和目的的不置一词,也没有上帝(如果你愿意这么认为的话)的原因。我从何而来,又去往何方?

科学不能告诉我们,为什么音乐能使我们愉快,为什么一首老歌能使我们感动得流泪?

我相信,在后一种情况下,从压缩和扩展的波进入我们的耳朵到某种腺体分泌出一种咸味的流体并涌出我们的眼眶这一过程中,对我们的感觉器官和“运动器官系统”所发生的一切,原则上说科学都能详细描述。但对于伴随这一过程的悲欢之情,科学却是全然不知,因而保持缄默。

在涉及到大统一体时,科学也保持缄默。这个大统一体就是巴门尼德的“一”。我们莫名其妙地成为它的组成部分。我们属于它。在我们时代最盛行的是称呼它为上帝,即用大写字母开头的神。科学常常被贴上美学的标签。从我们上面所说的来看,这是不足为奇的。如果它的世界图景甚至不包括蓝、黄、苦、甜、美、快乐和悲伤,如果通过约定将人性排除在这个图景之外,那么它怎能包括展现在人类心智中的最杰出的概念呢?

世界是壮美的,关于这个世界中的事物,我所了解的科学

知识是在亿万年中形成的。另一方面,表面上看,这些知识是在微不足道的 70、80 或 90 年中给我的。在无限时间中,甚至在我已学到的测量和估算出的有限的亿万年中,这段时间只是一个小小的点。我从何而来,又去往何方? 对我们每个人来说,这都是一个极其高深莫测的问题。科学对它没有答案。但是科学代表了我们在可靠的、不容置疑的知识方面能够获得的清晰认识的最高水平。

然而,我们的生命成为有点像人类的样子,至多仅有 50 万年的时间。就我们所知,即使在这个特殊的星球上,我们所能期待的人类生命的延续也只有几百万年。由所有这一切,我们感到,在这期间我们获得的任何思想都将不是徒劳无益的空想。

科学与人文主义

献给与我共事 30 年的同事们

前言

1950年2月,我在都柏林大学附属学院的高级研究院的帮助下发表了四篇公众演讲,题为《科学是人文主义的一个要素》。不论是这个标题还是这里选用的缩略标题,都不能涵盖演讲的所有内容,而只是第一部分的概括。考虑到本世纪以来,物理学一直在不断地发展进步,第11页^[1]之后剩下的部分里,我着重介绍了它目前的发展状况。我是按照文章的标题以及演讲的第一部分的观点对其进行阐述的。这可作为我对科学作用的看法的一个例证:它是人们在努力探索如何掌握人类命运的一个重要组成部分。

感谢剑桥大学出版社的大力支持,使这本小册子得以迅速出版。同时,都柏林学院的玛丽·休斯顿(Mary Houston)小姐为本书绘制了图示并审阅了校样,在此表示衷心的感谢。

E.S.

1951年3月

[1] 本书的 102 页。——译注

前言

科学对生活的精神意义

科学研究的价值是什么？众所周知，在我们这个今非昔比的年代里，每一位志愿在科学领域中做出真正贡献的人，都不得不使自己专业化：即投身于某一狭窄的研究领域，学习其中已被获得的全部知识，然后试图通过自己的努力——研究、实验、思考，来增加这方面的知识。由于从事如此专业性的活动，我们会很自然地不时停下来思考：它的用处究竟在哪里？增加某一狭窄领域的知识，其本身有何价值？即便将某一学科如物理学、化学、植物学或动物学的几个分支所取得的成就综合起来，又有何价值？甚至将所有学科的成就加在一起，其价值又是什么呢？

许多人，特别是那些对科学并不十分感兴趣的人，对这个问题的回答，往往是指出科学成就在改造技术、工业、工程等方面的实际结果，指出如下事实：在不足两个世纪里，正是科学超乎想像地改变了我们的整个生活方式，并且在不远的将来会进一步甚至以更快的速度使其发生变化。

对这种从实用主义的角度来评价科学家的工作，几乎没有

哪一位科学家会持赞同态度。当然,价值问题是最为棘手的,要给出无可争议的答案几乎是不可能的。不过,还是让我给大家提出3条主要论据,以反对上述观点。

首先,我认为自然科学与其他方面的知识——或者用德语表示为 *Wissenschaft*(科学)——即在大学或其他研究中心获得的知识是居于同等地位的。考虑一下在历史学、语言学、哲学、地理学或音乐史、绘画史、雕塑史、建筑史甚至考古学和史前历史学等方面的学习与研究吧,作为研究人员的主要目标,没有人愿意把这些活动同人类社会状况的进步联系起来,尽管这些活动对社会的进步确实经常起到很大的作用。在这一方面,我看不出科学^[1]有什么特殊的地位。

[1] 此处应指自然科学。——译注。

另一方面(即我的第二个观点),有一些自然科学的学科对人类社会的生活丝毫不产生实际影响,如天体物理学、宇宙哲学以及地球物理学的一些分支。以地震学为例,众所周知,预报地震的可能性几乎没有。要事先警告人们离开他们的住所,绝不像通知拖网渔船在风暴来临之前归岸那样简单。地震学所能做到的,只是告知那些尚未定居的人们,哪里是危险地带。然而,即使没有科学的帮助,恐怕这些地带也已因惨痛的经历而昭著于世了。但它们往往还是人口密集的地方,因为人类对沃土的需求变得越来越迫切。

第三,在自然科学突飞猛进的推动下,技术与工业的不断发展,是否增加了人类的幸福?对此,我深表怀疑。这里,我不想涉及过多的细节,也不讨论未来的发展,像地球表面受到人工放射性污染的危害,以及人种面临的可怕结局——如奥尔

德斯·赫胥黎(Aldous Huxley)最近发表的恐怖而有趣的小
说《猿和本质》(*Ape and Essence*)中所描述的那样。这里,
我只想谈谈这个由于神奇的现代交通工具而导致“时空急剧
缩小”的世界。当我们用最快的交通工具以小时数替代英里来
测量空间时,所有的距离几乎都变成了零。而当计算旅行的费
用时,即便是使用最便宜的交通工具,在这最近的10~20年
里,也已增加了一倍甚至两倍。于是,许多家庭和好友们前所
未有地被分散在地球的各处。多数情况下,经济状况的制约使
他们无缘再见。即便有些人能够见面,但短暂的相聚之后,也
要承受痛苦的分别。这带给人们的难道能称之为幸福吗?这些
只是令人触目惊心的事例的一部分罢了;在这个话题上展开
去,我们可以谈上几个小时。

让我们转向人类活动中不太阴暗的一面吧。现在你可能会
问,而且你一定会问我:那么,你认为自然科学的价值是什么?我
会回答:它的影响范围、目标和价值与人类知识的其他分支是同
等重要的。不仅如此,只有针对由它们组成的统一整体,而非某
一个单独的分支,讨论它的范围或价值才会有意义。这描述起来
很简单:遵从特尔斐神^[1]的神喻,认识你自己。或者简单地用柏
罗丁(Plotinus, 205? ~ 270?)^[2]说过的感人妙语:“那么我
们,我们到底是谁呢?”他回答:“或许在这个宇宙存在之前,就已
经有了我们人类,但也许是另一种人类,甚至是某种神、纯净的
灵魂和思想。它们同整个宇宙相联系,是这个可被认识的世界的
一部分,不可被分离或隔断,与整个世界融为一体。”

我生于这样一个处境中——不知道自己从何而来,又去往

[1] 特尔斐是古希
腊城市,因有阿波
罗神庙而著名。
——译注

[2] 古罗马哲学
家,新柏拉图学派
主要代表,提出“流
溢说”,著有《九章
集》。——译注

何方,也不清楚我是谁。这是我的情形,也是你的,你们每一位都如此。每一个人都是这样的处境,并且永远都将如此。这一现实不能给我任何答案。我们热切地想知道自己从哪里来到何处去,但唯一可观察的只有身处的这个环境。这就是为什么我们如此急切地竭尽全力去寻找答案。这就是科学、学问和知识,这就是人类所有精神追求的真正源泉。对我们所置身的时空环境,我们总是尽可能想知道更多。当努力寻找答案时,我们乐在其中,并且发现它引人入胜(或许这不是我们的终极目标所在?)

这看起来似乎是简单且不证自明的,但仍需强调:一群专家在一个狭窄的领域所取得的孤立的知识,其本身是没有任何价值的,只有当它与其他所有的知识综合起来,并且有助于整个综合知识体系回答“我们是谁?”这个问题时,它才真正具有价值。

加塞特(José Ortega y Gasset),著名的西班牙哲学家,经过多年的流放现在回到了马德里(尽管我认为他像一个社会民主党人一样,有一点法西斯主义倾向,但仍是一位通情达理的普通人)。本世纪20年代,他发表了一系列的文章。令人欣喜的是,后来这些文章都被收进了名为《民众的反抗》(*La rebelión de las masas*)一书中。顺便说一下,该书与社会的或其他的革命毫无干系,这里的“反抗”仅仅是一种隐喻。机器时代将人口数目及人们的需求推向了一个个前所未有、不可估量的高峰。这使得我们每一个人的日常生活都是在与他人的接触、应付中度过,并且变得越来越纠缠不清。不管我们需要什

么、向往什么,一条面包或一磅黄油,搭乘一次公共汽车或购一张剧院门票,一个清静的旅游胜地或一次出国观光的机会,一间住房或一份可谋生的工作……总是有难以数计的人有同样的需求或向往。这种需求的空前高涨所带来的新状况与发展正是加塞特书中的主题。

书中充满了妙趣横生的观察报告。给大家举个例子吧,尽管它并不涉及到我们现在的话题。书中有一章的标题是 *El mayor peligro, el estado*:最大的危险——政府。他在书中声明,政府正在以不断增长的势力剥夺公民的个人自由。虽以保护我们为托辞,却全无必要。这将是未来文化发展的最大危险。这里我想谈及的是前一章,名为“专业化的野蛮”(La barbarie del "especialismo")。乍看上去,标题似乎显得荒谬,没准吓你一跳。作者大胆地将专业化的科学家描写成没有理性的、无知的乌合之众的典型代表,是“易受大众传媒影响的人”(hombre masa),危及真正文明的存活。我只从他的文章中挑出几段,看看他是怎样精彩地描述“这类史无前例的科学家”的。

在一个真正受过教育的人应该掌握的知识当中,他只是熟知某一特殊的学科,并且也只是了解这门学科中他所研究的那一小部分。他声明根本不要过问自己所专攻的狭窄领域以外的任何其他知识,这被他看作是一个优点。并且,他抨击那些对所有知识之大成感兴趣的人是一知半解、浮夸浅薄的。

值得注意的是,尽管这样的人被自己专业的狭隘遮

住了视线，却的确成功地取得了新发现，推动了他的学科的发展（他本人对该学科却知之甚少）乃至促进了完整的人类思想随同它一起前进——这是被他完全忽视了的。这样的事情是怎样发生的？为什么仍可能继续发生？我们必须十分重视这个不容否认的异常事实：实验科学已被那些十分平庸的人所做的工作，推向了十分先进的程度。

这里，我不想过多地引用原文，但我热切地建议你找到原著，继续读下去。距离该书第一次出版，已有二十几年了。在这些年里，我发现，与加塞特书中抨击的可悲事态相反，现在已出现了前景光明的迹象。我们并不是要完全杜绝专业化，即便希望如此也是不可能的。然而，人们意识到了专业化不是优点而是一个无法避免的弊端，意识到了所有的专业研究只有放在完整的知识体系当中才有价值。这些都是正在取得的进展。一个敢于用超出自己本专业的知识来思考、讲述、甚至撰写新课题的人，曾被说成是“半瓶子醋”，现在这种谴责声已显得越来越微弱了。对这种尝试进行猛烈攻击的无外乎来自两类人群。一类是科学界的，另一类是非科学界的。在这两种情况下，攻击的理由均是显而易见的。

伊顿^[1]中学的校长罗伯特·伯利（Robert Berley），在一篇名为《德国的大学》的文章（1949年12月11日发表在《观察者》上）中，从德国高校改革委员会的报告中引用了几段话。这些话引用得恰到好处、重点突出，我十分赞同。报告中是

[1] 在伦敦附近的白金汉郡，泰晤士河边的一个市镇。
——译注

这样写的：

每一位在工科大学的讲师，都应具备以下能力：

(1) 能够看到本专业的局限性。在教学过程中，使学生了解这些局限性；并且告诉他们，超出其界限，起作用的力量就不再是纯粹理性的了，而将源于生活及人类社会本身。

(2) 对每一个专业，都要教会学生如何突破其狭窄的范围局限，从而拓展更宽阔的视野，等等。

我不能说这些简洁的阐述是独特的、新颖的，但有谁指望一个委员会、调查团或董事会之类的组织必须得有创造性呢？人类一直都是极其平凡的。然而我们可以惊喜地甚至是心怀感激地发现这种态度正在盛行起来。唯一的批评（如果能称之为批评的话）就是还找不到一个合理的解释，为什么只是对德国工科大学的老师提出上述要求呢？我认为它们适合于任何大学的任何一位老师。不仅如此，对世界上所有学校的教师都适用。我在此总结这些要求如下：

要敏锐地注意到，你的特殊专业在人类生活悲喜剧的舞台上所扮演的角色；要联系生活，不仅要联系实际的生活，而且要联系生活的理想背景，这一点通常显得更为重要。同时，还要使自己紧跟时代。如果你不能最终告诉别人你一直在做什么，那么，你的研究也就一文不值。

科学的实用成果有掩盖 其真正重要性的倾向

按学院的条例规定，我们每年都要做公开演讲。我把这视为建立和维系我们这个小小的学术领域中相互联系的手段之一。事实上，我认为这样的小领域是它们仅有的影响范围。这个任务并不简单，因为你要有一种能够展开的背景作为起点。而且，众所周知，虽然实际上某些国家做得好一点，但不论哪个国家，忽视科学教育的情况都很严重。不幸的是，这种状况被一代代地沿袭下来。受过教育的人中，大多数对科学都不感兴趣，也不知道科学知识是形成人类生活理想主义背景的一部分。在对“科学究竟是什么”全然无知的前提下，许多人认为科学的任务就是发明新机器，或者是帮助人们发明新机器，以便改善我们的生活条件。他们会把这些事情留给专家来做，就像让管道工来修理他们的水管一样。如果让持有这样观点的人为我们的孩子选择学习课程，其结果必然就像我刚才所描述的那样。

当然，这种态度的盛行有其历史原因。科学在生活的理想主义背景方面一直起着十分重要的作用，只有黑暗时期^[1]除外，那时欧洲实际上还没有科学。但是必须承认，即便是现在，也会出现一些麻痹现象，容易招致人们对科学理想主义任务的轻视。我说的“麻痹”主要指19世纪下半叶。这是科学爆炸性发展的时期，同时也是工业及机器以惊人的速度迅猛发展并对人

[1] 指欧洲中世纪。——译注

类物质生活产生巨大影响的时期。这使得绝大多数人忽视了科学与其他方面的联系。不仅如此，更糟糕的是，物质的极大发展，使人们形成了一种物质主义的观点，据说它来源于新的科学发现。我认为，在接下来的半个世纪里，这种状况使人们在许多方面有意忽视了科学的作用。还好，这半个世纪即将结束。因为，学者有自己的见解，而普通老百姓对他们的见解有自己的看法，它们之间总存在一个时间差。如果把 50 年作为这个时间差的平均长度，我认为并不能算是过多的估计。

无论如何，刚刚过去的 50 年即 20 世纪的前半叶，人们目睹了科学在整体上取得的发展，特别是物理学的突破，以及针对人们常说的“人类状况”问题，我们西方人的观点所发生的巨大转变。我毫不怀疑，普通百姓中的知识分子要意识到这种改变，至少还要经过 50 年的时间。当然，我并非是一个理想主义的梦想家，并不指望几次公众演讲就能加快这个进程。但另一方面，这个同化的过程，并不是自动完成的，这需要我们的共同努力。我将尽力而为，完成我那一部分任务。相信其他人也会尽力完成他们的任务。这是我们一生中应尽的义务之一。

物质概念的根本变化

最后，让我们归结到一些具体的话题上来。迄今我所讲的，如果你认为只是一个引子，可能显得长了些。但我希望它本身有一些意义。而且这是我无法避免的，因为我必须把情况讲清

楚。我告诉你的一些新发现,其本身并不令人兴味盎然。真正让我们感到兴奋的、新奇的、革命性的东西,是一种我们试图把它们综合起来而被迫采取的一般态度。

让我们深入探讨。关于物质,还存在着问题。什么是物质?在我们的头脑中,怎样描绘物质?

第一个问题是可笑的。(我们该怎样回答“物质是什么”?或者,如果真到了这种地步,那么,电是什么呢?它们是否只是我们生活中的两种现象?)第二个问题显示出完全相反的另一种态度:物质是我们头脑中的一种印象,因此,思想先于物质[尽管我的思维过程奇妙地经验主义地依赖于某一部分物质(即我的大脑)所存储的物理数据]。

19世纪后半叶,物质似乎成为人们能够坚信的永恒的东西。有一种物质不是创造出来的(正如物理学家所了解的一样),并且永远也不会毁灭!你可以实实在在地握着它,感到它永远不会从你的手指缝中溜掉。

此外,物理学家们声称,这种物质的行为、运动遵守着严格的定律,它的每一部分都是如此。它是根据邻近部分的物质按照相对位置施加给它的力来运动的。你可预见它的行为。它未来的情况完全由初始条件确定。

无论如何,这在物理科学方面,在我们的外部的无生命物质运动中,都是令人欢欣鼓舞的。但当应用到我们自己的身体或朋友的身体,甚至我们的猫和狗的身体的组成物质上时,一个众所周知的难题出现了:生物显然有按自己的意愿来活动它们四肢的自由。后面我们会专门讨论这个问题。在此,我想努力

解释的是,在过去的这半个世纪里,人们关于物质概念的根本转变是逐步地、自然地发生的,没有人刻意追求这种变化。我们认为,我们仍然以旧“唯物主义”的思想框架来指导行动。但在实际上我们已经丢弃了它。

我们的物质概念,比起 19 世纪后半叶来,已经变得“更缺少唯物主义”了。这些概念仍然不很完善,仍然很模糊,在许多方面仍不清楚。但有一点可以肯定,物质不再是宇宙中的简单而可触知的粗糙东西,人们无法追随它每一部分的运动轨迹,无法确知它遵守的运动定律。

物质是由粒子组成的,彼此之间相隔较大的距离,镶嵌在虚空中。这种观点要追溯到公元前 5 世纪生活在阿布德拉的留基伯和德谟克里特。这种粒子与虚空的概念一直延续到现在(关于它的变革,正是我今天要向大家解释的事)。并且不止于此,还存在着完整的历史连续性;这就是说,不管何时这种观点重新被采纳,人们都完全清楚,该观点一定是从古代哲学家们那里沿袭而来的。而且,在实际的实验中,它经历了可想像到的最伟大的胜利,甚至是古代哲学家们在最大胆的梦想中都未曾想像过。例如,斯特恩(O. Stern)通过最简单、最自然的方法,成功地解释了银的蒸气在喷射过程中,其原子速率的分布是如何确定的。图 1 是一粗略的示意图。外圆(带有字母 A、B、C 的)代表一封闭圆筒体的横截面,内部空气被抽干,为理想真空。点 S 代表一个遇热发光的银制金属线的横截面,它沿着圆筒体的轴心伸展并不断蒸发银原子,原子是沿直线飞出的,粗略地说就是半径方向。不过,圆柱形的防护罩 Sh

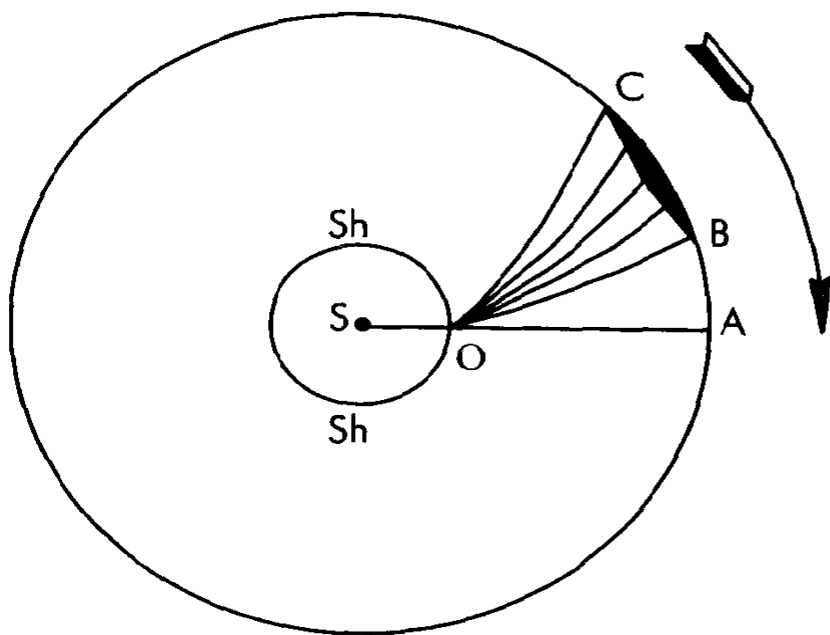


图 1

(图中的小圆)是与 S 同心布置的。开口 O 是一与金属线 S 平行的狭长缝隙。因此,原子只能通过其开口 O 飞出。在没有其他因素作用的情况下,它们应径直通过开口 O ,打在 A 点处,并且过一段时间后,会形成一个窄条形的黑色沉积物(与金属线 S 和开口 O 平行)。但是,在斯特恩的实验中,整个装置是围绕轴 S 作高速旋转运动的,就像坐在陶艺工人用的轮子上一样(旋转方向如箭头所示)。这会对飞行的原子产生影响——当然,旋转并不影响它们——只是不再沉积到 A 点,而是 A “后面”的点,离 A 点越远,原子的速度也就越慢,因为,在它们到达接收表面时,转过的角度也越大。这样,最慢的原子在 C 点形成一条线,最快的则沉积于 B 点处。过一段时间后,可得到一宽带,图中示意性地标出了其横截面。通过测量宽带横截面的厚度变化值,并计算该装置的尺寸和旋转速度,就可得出原子的实际速率,

特别是以不同速率飞行的原子的相对数目——即所说的速率分布。这里，我有必要解释一下图中所示的原子路径的扇形分布及它们的曲率。表面上看，它们与我所说的飞行的原子不受装置旋转运动的影响相矛盾。我冒昧地画了这些线，尽管它们并不是原子的“实际”路径，但是对于一个与装置一起作旋转运动的观察者（如同我们与地球一起旋转一样）来说，其路径就显示为这些线。这些“相对路径”在旋转的过程中仍保持原样，明确这一点相当重要。这样，为使更多的沉淀物形成，只要我们愿意，就可继续让它旋转。

在麦克斯韦详细阐述了关于气体方面的理论多年之后，这些著名的实验进一步定量地证实了该理论。今天，与更多令人信服的研究相比，它们已显得黯然失色，几乎被人们遗忘。

当单独的一个快速粒子撞击荧光屏时，会产生一道微弱的亮光，发出火花，我们可借此观察它的效果。（如果你将一个度数较高的放大镜带到一间黑屋子里，观察一块带有发光数字的手表，就可以看到因单个的氮离子即 α 粒子（正如本文中称呼的）碰撞引起的火花。在一个威尔逊云室中，你可观察到单个粒子如 α 粒子、电子、介子……的路径，你可以拍摄下它们的轨迹，并测得它们在磁场中的曲率；经过摄影感光乳剂的宇宙射线粒子在那里产生核衰变时，不论是一级粒子还是二级粒子（如果它们像通常那样带电），都会在感光乳剂上留下痕迹。这样，只要底版经过普通冲洗过程，就能看到这些粒子的运动轨迹了。用最直接的方法来证实关于物质的粒子结

构的旧假说，这远远超出了近几个世纪以来人们最有眼光的预计。关于这一点，我还可以举出很多例子（不过，我认为这些已足够了）。

未曾充分估计到的另一点是，就在同一时期，不管我们愿不愿意，我们对所有这些粒子本性的观念经历了更新，这主要是由于其他一些实验和理论因素所产生的结果。

德谟克里特和所有 19 世纪末以前沿袭他的思想的人们，尽管从未探知到单个原子的作用（或许在当时就根本不曾有此期望），但他们仍确信原子是独立的、可以确认的，就像生活中可以触摸的微小物体一样。几十年来，我们成功地探索了单一的、独立的原子和粒子。但几乎就在同时，我们又被迫用不同的方式抛弃了原有的观念，即认为这样的粒子是一个独立的实体、原则上将永远保持它的“同一性”的那种旧观念。上述这种情景似乎是很荒谬的。与旧观念截然相反的是，我们现在必须认定，物质的基本组成根本就没有“同一性”。如果你观察某一种粒子，比如说在某时某地观察电子，在原则上这会被认为是一种孤立事件。但即使相隔很短的时间，在十分接近第一次粒子出现的地方，你确实又观察到另一个相似的粒子，甚至你有充分的理由，说明这两次观察具有某种因果关系，你都无法真正地、毫不含糊地断言，两次所观察的是同一个粒子。真实情况可能是这样：人们用“同一性”表达自己的观念是非常方便和理想的；但它只是言语的缩略；因为在另外情况下，“同一性”变得完全无意义；在它们之间没有精确的界限，没有泾渭分明的区别，而是在中间状态有一种渐变。我要强调这一点并请你们相

信：这不是一个在某些情况下能确定本性而在其他情况下不能确定本性的问题。毫无疑问，“同一性”或本性的问题，的确确实是毫无意义的。

形式，而不是实体，基本概念

情况就是这样令人尴尬。你可能会问：如果粒子不是独立的个体，那么它们是什么呢？你可能会说它们是另外一种渐进的过渡形式，即在终极粒子与我们周围可感知物体之间的过渡形式，我们把它们说成是由单个的同一物构成的。一些粒子构成了原子。若干原子又组成一个分子。分子有不同的大小，有大分子和小分子，但我们谈论的大分子没有任何极限。事实上，一个分子的大小没有上限，它可能包含成千上万个原子。它可能是一个病毒或一个基因，在显微镜下清晰可见。最后，我们可能会说，我们周围任何可感知的物体是由分子组成的，分子由原子组成，而原子由终极粒子组成。如果后者不是独立存在，那么像我的手表怎么会获得独立存在？其极限在哪里？在由非独立存在所构成的物体中，独立存在究竟如何产生？

细想一下这个问题是很有用处的，因为它能够给我们提供这样的线索：粒子或原子到底是什么，如果缺乏独立性，那么它内部永恒不变的是什么。在家中的写字台上，我有一个铁制的形状像丹麦猎犬的镇纸。猎犬俯卧着，前爪交叉放在前

面。很多年前，我就在父亲的桌子上见过它，那时我的鼻子还不够不到桌子。过了多年后，父亲去世了。因为我喜欢这个猎犬镇纸，我就拿了它并使用它。它伴随我到过许多地方，直到1938年我不得不十分匆忙地离开时，才把它留在了格拉茨（Graz）。我的一位朋友知道我喜欢它，就替我保管起来了。3年前，我夫人去奥地利，她将它带给了我，这样它又回到了我的写字台上。

我相当肯定它就是那只猎犬，那个50多年前我第一次在父亲桌子上见到的同一只猎犬。但是为什么我确信无疑呢？原因非常明显，正是它的独特的形式或形状（德语：Gestalt）而不是材料的成分，确立起了它的无可置疑的身份。假设将它的材质熔铸成一个人形，确定它的身份就会困难得多。而且即使材质的特征是无可疑的，它在辨认过程中所起的作用也是很有有限的。我可能不会非常在意材质的特征和那块铁的特征，我会说我的纪念品已经损坏了。

对于说明粒子或原子到底是什么，我认为这是一个很好的比拟，并且远不止是一个比拟。因为像从许多其他例子一样，我们从这个例子中可以看到，在由许多原子构成的可感知物体中，它们的组成结构、形状或形式或组织是怎样产生独立存在物的，以至于在另外场合我们可以认出它。材质的特征，如果能够起作用的话，也只能是次要的。虽然材质已确实改变了，你还会谈论“同一性”，这时，你对这一问题就看得非常清楚了。一个人在离别了20多年后，回到了他度过童年的村舍，会因发现旧貌依然而深深地感动。同一条小河流过同一片草

地,草地上有他非常熟悉的矢车菊、罂粟花和柳树。池塘边像从前一样有棕白花奶牛和鸭子。牧羊犬友好地叫着,摇着尾巴跑过来,等等。尽管上面提到的许多东西完全“改变了材质”,而且我们的旅行者自己身体也改变了,但整个地方的形状和结构保持着原样。的确,作为孩童时呈现的形体,在实际上已经“随风飘”去了。走了,但也可以说仍然未走。因为,如果允许我继续这种小说式的章节讲下去的话,我们的旅行者现在会定居在那儿,结婚生子。他的儿子会同老照片上父亲儿时的模样极为相像。

现在让我们回到终极粒子和像原子或小分子那样的粒子的微小结构。传统观点认为,它们的独立存在以它们的物质特征为基础。这看起来似乎没有道理,而且几乎是不可思议的。它与我们刚刚发现的组成独立存在的宏观物体的东西是根本对立的。这种观点与粗糙的唯物主义假设并不相干,也不需要它的支持。新的观点认为,在这些终极粒子或小聚集体中,永恒不变的是它们的形状和结构。日常的语言习惯蒙蔽了我们,似乎是要要求无论任何时候,听到“形状”或“形式”,就必定是某物的形状或形式,物质的基体必定要呈现出某种形状。科学地说,这种习惯源于亚里士多德的“质料因”和“形式因”(causa materialis and causa formalis)。但是当涉及到构成物质的终极粒子时,再考虑它们是由某些质料构成的,似乎是没有意义的。它们可谓是纯形状,除了形状外什么都不是。在连续观察中,一次又一次呈现的是这种形状,而不是由质料构成的一个点。

我们的“模型”的特性

当然，与通常的几何形状相比，这里我们必须将形状（或 Gestalt）赋予更广的含义。的确，没有任何观察与一个粒子或一个原子的几何形状有关。当然在考虑原子以及为满足观察到的事实而设计理论时，我们确实要经常地在黑板上、在纸上或者更经常地直接在头脑中画出几何图像，并用数学方程式给出图像的细节，这比用铅笔和钢笔更加精确，形式上更方便。这是事实。但是这些图像中所显示的几何形状，不是在实际原子中所直接观察到的形状。这些图像仅仅对思维起一种帮助作用，是一个思考的工具，一个中介。根据这些图像，由我们已做实验的结果，可对计划进行的新实验的结果，推导出一个合理的期望值。我们的目的是，查看新实验是否证实期望值，进而查看期望值是否合理，查看我们所应用的图像或模型是否适用。请注意，这里我们宁愿使用适用这个词，而不是使用真实。这是因为，要使一个描述具有真实性，将必须直接地与实际情况相比较，而我们的模型一般不能做到这一点。

但是正如我所说的那样，我们确实使用它们，从它们当中推导出可观察的特性。正是它们建立了物质客体的恒定形状、形式或结构。它们通常与“微小的质点和构造物体”没有任何关系。

以铁原子为例，用下面的方法，无论何时都可以用不变的

形式，将铁原子结构中非常奇妙而又极为复杂的部分一次又一次地显示出来。将少量的铁（或铁盐）放在电弧下，并拍摄由强大的光栅衍射产生的光谱照片，就会发现数万条清晰的光谱线。这就是说，铁原子在高温作用下发射的光中，确定波长的光线有数万条。它们永远是一样的，完全的一样，完全像人们所熟知的那样。我们能将其与含有某些化学元素的恒星的光谱区别开。然而即使用最大功率的显微镜，也无法找到一个原子的几何形状的任何迹象。可是在它显示的光谱中，你能发现它特有的不变的结构，即使它在数千光年的距离外。

你也许会说，像铁这样的元素，其特有光谱是一种宏观特性，一种蒸发气体的特性，与它的粗晶结构没有任何联系（它含有单体原子），从没有人观察到过由单个的完全孤立的原子发射的光。这当然是正确的，但是必须提醒注意的是，正如目前能接受的那样，物质理论确实将所有各种单色光束的发射归因于单个原子。单个原子几何的、机械的、电子的结构，被认为是引起我们在闪光的蒸气中所观察到的每个单一波长的原因。为了证实这一点，物理学家特别强调指出，这些线光谱只能在稀薄的气态下观察到。在那种状态下，原子之间分离较远，以至于不会相互干扰。灼热的固态铁或液态铁发射的连续光谱，同其他各种固态或液态物质在同样温度下发射的光谱极为相像——清晰的线条完全消失了，好一点的光谱也因相邻原子的干扰变得非常模糊。

你们可能会问我，你是不是说，我们将所观察到的线光谱作为部分的旁证，来证明理论上所描述的铁原子确实存在（广

义地说,它们与理论相符合)?而且它们在气体理论支持下构成了蒸气,即物质的小小微粒(它们的特殊结构使其发射出光谱线)——某些物质的小小微粒,互相分得很开,内部什么也没有,到处飘飞,偶尔与壁相撞,等等?它是灼热的铁蒸气的真实图像吗?

我坚持前文提到的观点:它当然是一个适用的图像,但是说到它的真实性,恰当的提问,不是问它真实与否,而是问它是否果真能成为真的或假的。大概它不能。我们只能得到适用的图像。它们能够用可被理解的方式,将所有观察到的事实综合起来,并且给出我们一心想要的有关新事实的合理期望值。除此之外,恐怕我们不能要求得太多。

很久以前,也就是整个19世纪和我们这个世纪的早期,物理学家就一次又一次地作了类似的阐述。他们知道要得到清晰的图像,必然导致人们用无根据的细节来填充。可以这么说,这些无根据的细节侥幸地成为“正确的”是“完全不可能的”。玻尔兹曼(L.Boltzmann, 1844~1906)非常强调这一点:让我的模型更精确,即使我知道,从实验得到的不完全的间接证据中,我不能猜到自然界实际是什么样的;但是,没有绝对精确的模型,思维本身会变成不精确的,而从这样的模型得到的结果也变得模糊不清。

与现在的情况不同,大概除了极少数具有第一流哲学头脑的人之外,那时的看法不免有点太天真。虽然人们认定,可能想到的任何模型都是有缺陷的,迟早必定要修正,但在头脑深处,仍然认定存在着真实的模型;可以这么说,它存在于柏拉图

的理想王国中。我们能够逐渐接近它,只是由于人类的不完善,而不会达到它。

这种看法现在已经被抛弃了。我们不再把历经的失误归咎于细节。失误是一种很普通的东西。我们已经完全认识到了下面概括出的可能状况:随着我们理智的目光看到越来越小的距离和越来越短的时间,我们发现,与我们从周围可见的和可触知的物体中所观察到的东西相比,自然界的行为是如此完全不同,以至于根据我们大量经验形成的任何模型都不会是“真实”的。这种完全令人满意的模型,不仅实际上不能获得,甚至是不可想像的;或者更确切地说,我们当然能够去想像它,但是无论我们怎样想像,它都是错误的;不是说它和“三角形的圆”一样毫无意义,而是说它比“长翅膀的狮子”更荒谬。

连续描述和因果关系

下面我将努力把这点说得更清楚些。从我们大量的经验中,从几何学和机械学的观念中,特别是从天体力学观念中,物理学家们总结出了一个明确的要求,这是对任何物理现象进行真正清晰和彻底的描述时所必须满足的。它应该精确地告诉你,在空间的任一点和时间的任一时刻发生了什么,当然,是在你希望去描述的物理事件所发生的空间区域和时间间隔内。我们可以将这种要求称为连续描述假设。但恰恰这个连续描述假设,似乎是不能实现的。在我们的图像中好像存在着间隙。

这与我早先说的一个粒子、或者一个原子缺乏独立性有内在的联系。如果我此时此地观察一个粒子,片刻后,在它非常近的地方,观察到另一个类似的粒子,我不仅无法确定它是否就是“先前的那个”,而且这样的叙述也没有确切的意义。这似乎很荒唐,因为我们习惯上认为,在两次观察之间的任何时刻,第一个粒子一定在某一个地方,它一定在沿着某一个轨道运行,不管我们是否知道这些。类似地,第二个粒子一定来自某一个地方,它在我们第一次观察时,一定存在于某一个地方。所以,无论这两个轨道是否是同一个,而且无论它们是否是同一个粒子,原则上说,它们必定是确定的,或者说是可以确定的。换句话说,遵循着应用于可触知物体的思维习惯,我们假设能够将粒子保持在连续观察状态下,从而确定它的身份。

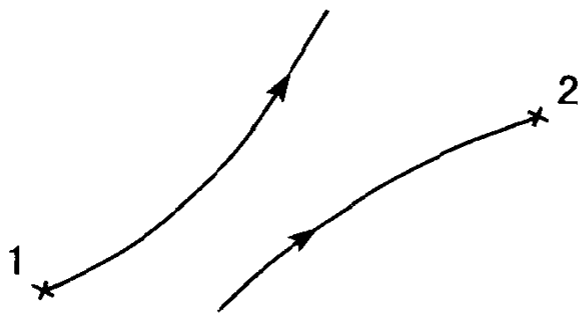


图 2

这种思维习惯必须抛弃,我们绝对不能接受连续观察的可能性。观察被认为是不连续的、无关联的事件。它们之间有着我们不能充填的间隙。在这种情况下,如果我们接受连续观察的可能性,就将把所有事情搞糟。我说最好不要将粒子看作一个永恒的实体,而是看作瞬间的事件,原因就在于此。有时这些事件形成链条,造成永恒实体的假象,但这仅仅产生于每个单一

事件所处的特定环境和极短的时间内。

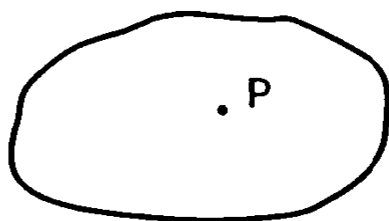


图 3

让我们回到我以前所阐述的更一般的观点,即经典物理学家天真的理想不能够实现。因为他要求,在任意时刻和空间上每一点的信息至少原则上是可以想像的。这一理想的破灭产生了非常严重的后果。因为在对描述的连续性的理想没有怀疑的时候,物理学家们为了他们的科学目的,曾以非常清晰和确切的方式,用描述的连续性说明因果性原理。只有用这样一种方式,他们可以使用描述的连续性,而普通的说明太模糊太不确切。在这种形式下,因果性原理包含着“接近作用”(或“不存在超距作用”*the absence actio in distans*)原理并可表述如下:在给定时刻 t , 任何一点 P 的精确的物理状态,由先前任意时刻在 P 的确定区域内的精确物理状态来决定,即 $t - \tau$ 。如果 τ 大,也就是说,如果先前的时刻往回延伸很远,就可能需要知道 P 的较大区域内的先前状态。但是,随着 τ 的变小,“影响范围”变得越来越小,并且随着 τ 变得无穷小,它也变得无穷小。或者用浅显的语言来描述,虽然不是很确切:在给定时刻,任何地方发生的情况,只是精确地取决于相邻的“刚好早一点的时刻”所进行着的情况。经典物理学完全停留在这个原理上。为它提供的数学手段,在所有情况下,都是一个偏微分方程

系统,即所谓的场方程。

很显然,如果连续性的“无间隙”的理想破灭的话,这种因果性原理的精确阐述就破灭了。按照这样的观点,我们不能为碰到一系列因果关系方面的新的未见到的困难而惊慌。我们甚至碰到了(如你所知那样)在严格的因果关系中存在有间隙或细缝的说法。这是否是定论还很难说。一些人认为问题绝没有解决(顺便说一下,这其中阿尔伯特·爱因斯坦)。稍后,我将讲一下“紧急出口”的问题,它是目前用来摆脱这一微妙状态的……现在我希望对连续性描述的经典理想作进一步的评论。

连续体的错综复杂性

虽然失去连续性的观点人们会十分痛苦,但正因为这种失去,我们可能是抛弃了值得抛弃的某些东西。这对我们来说似乎很简单,因为连续的观点对我们来说似乎是简单的。我们多少有些失去了洞察其困难的能力。这是由于早在童年时形成的相当强的适应性。诸如“所有在 0 和 1 之间的数”或者“所有在 1 和 2 之间的数”这样的概念,我们已相当熟悉。我们只是从几何学观点上,将它们看作从 0 到任何一点 P 或 Q 的距离。

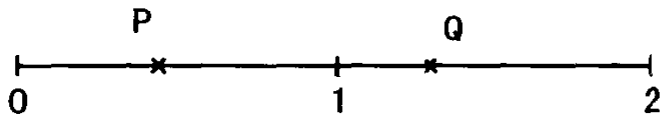


图 4

在类似 0 点的那些点中,也有 $\sqrt{2}$ ($=1.414\dots$)。我们知道,像 $\sqrt{2}$ 这样的一个数,曾使毕达哥拉斯及其学派困惑至极。由于童年时我们就习惯这样的奇怪的数字,应避免低估这些古代贤人的数学直觉知识,他们的困惑是完全可以理解的。他们知道没有任何分数的平方能够刚好是 2。你可以写出它的近似值,比如 $17/12$ 的平方 $289/144$,非常接近 $288/144$,即 2。可以考虑用分子和分母分别比 17 和 12 更大的分数,使其平方更接近 2,但是绝不能恰好得到 2 这个值。

连续值域的概念为当今数学家所熟悉。它极大的外推是有点过分,但这种外推的方法却是我们可以接受的。在连续值域内所有点上,比方说在 0 和 1 之间,应该能够真的标出任何物理量的确切值,如温度、密度、势能、场强等任何量。上述这种观点只是大胆的外推。我们只是确定非常有限数量的点的大概数值,然后“通过它们画一个平滑的曲线”,这对我们许多实际目的很有用处。

但是从认识论的观点,从知识理论的观点来看,它与一个假定的精确连续描述完全不同。我要加一句,即使在经典物理学中,也存在例如温度或密度这样的物理量,公然宣称不承认有精确的连续描述。因为即使在经典物理学中,这些物理量表示的概念,也只具有统计意义。但目前我不想进一步细说这点,因为它可能会引起混乱。

由于数学家声称,能够对一些简单的心理结构进行简单的连续描述,因此,连续描述的要求受到了鼓励。例如,仍以值域 0 至 1 为例,若将该值域内变量称为 x ,我们就宣称,得到了一

个关于 x^2 或 $\sqrt{x}$ 的清晰概念。

如果给定曲线是抛物线线段（相互为镜像），那么我们就认为我们掌握了这条曲线的每一个点。或者更进一步说，给出水

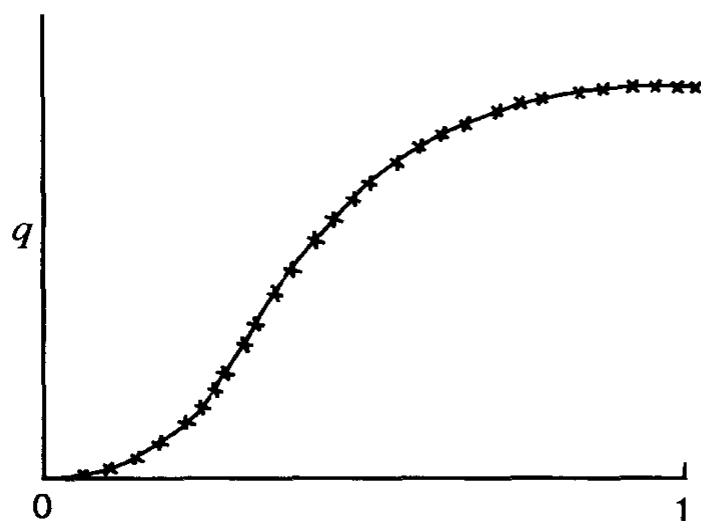


图 5

平距离（横坐标），我们就能指出所要求的任何精确的高度（纵坐标）。请注意“给出”和“所要求的任何精度”这两组词。第一组意思是说，“只要给出横坐标的任何一点，我们就能给出答案”，

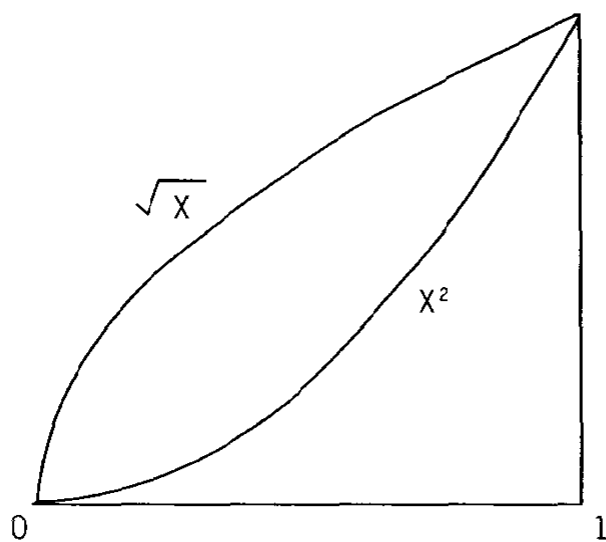


图 6

我们不可能提前将所有答案存储在那里。第二组意思是说“即使如此,通常我们也不能给出一个绝对精确的答案”,你必须告诉我们你所需要的精度,例如精确到小数点后千位。尔后,如果我们时间的话,我们就能够给出答案。



图 7

物理上的相互依赖关系,总能由这种简单的函数(数学家称它们为“可解析的”,意思是说,“能被分析的某些东西”)来近似描述。但是,假设物理上的相互依赖关系具有这样简单的形式,则是一个大胆的认识论步骤,而且可能是一个难以接受的步骤。

然而,由于在甚至很小的连续值域内包含有大量的点的缘故,概念上的主要困难是所需求的“答案”的数量。这种数量,例如 0 和 1 之间是如此庞大,即使将“几乎所有的点”拿掉,也很难减少。请允许我举一个给人印象很深的例子来说明这点。

还是观察线段 $0 \rightarrow 1$, 我打算描述某一组剩余下的点,当拿掉一些点时,或划去它们,除掉它们,不使用它们,无论你想怎么说都行,我将用“拿掉”这个词。

首先拿掉包括左边界点的整个三等份中的中间那份,就是从 $1/3$ 到 $2/3$ (不包括 $2/3$ 这一点)的点。在所剩下的 $2/3$ 部分的点中,再拿掉“三等份中的中间那份”,包含左边界点,但剩留下右边界点。用同样的方法,取剩下的 $4/9$ 部分的点,如此进行下去。

如果只要试着继续进行几步的话,立刻就会产生“什么都没剩下的印象”。的确,在每一步中,我们都拿掉剩余部分的 $1/3$ 。假设所得税收缴员第一次在你收入中每英镑收取 6 先令 8 便士,剩余部分每英镑再收 6 先令 8 便士,如此下去,你会承认,你剩下的就没有什么了。

现在来分析我们的事例,剩余下的数值或点会使你感到吃惊。这需要做准备,在 0 和 1 之间的一个数,可以由一个十进制小数来表示,如

$$0.47082\dots$$

这个数可以表示为

$$4/10 + 7/10^2 + 0/10^3 + 8/10^4 + \dots$$

这里我们习惯使用数字 10 是完全偶然的,是由于我们有 10 个手指的缘故。我们可以使用任何其他数字,8,12,3,2,...当然,我们需要有不同的数字符号,以满足我们所选择的“基础”中的所有数字。在十进制中,需要 10 个数字符号,0,1,2,...9。如果使用 12 进制,就必须发明代表 10 和 11 的简单符号。如果使用 8 进制,则代表 8 和 9 的符号就变得多余了。

非十进制小数并未完全被十进制取代,使用 2 作为基础的二进制小数相当流行,尤其是在英国。那天我问裁缝,我定做的法兰绒布裤子需要多少布料时,他的回答使我很吃惊: $11/8$ 码。这很容易看成是二进制数 1.011

$$\text{即 } 1 + 0/2 + 1/4 + 1/8$$

同样,在某些股票交易中,报价不是以先令和便士为单位,而是以一英镑的二进制小数为单位,例如 $13/16\text{£}$,这在二进

制记法中可以读为 0.1101

$$\text{即 } 1/2 + 1/4 + 0/8 + 1/16$$

注意在二进制数中只出现两个符号:0 和 1。

对于我们现在的目的,我们首先需要三进小数,它以 3 为基础,只使用符号 0,1,2。例如,记法

$$0.2012\cdots$$

意为 $2/3 + 0/9 + 1/27 + 2/81 + \cdots$

(在后面加点,表明这个小数是无限的,例如 2 的方根)。现在让我们回到前面的问题上,看看在我们图示的结构中剩余下的几乎趋于零的一组数字。稍微仔细想一下,就会发现,我们“拿掉”的那些点,在三进制表示中,某处含有数字 1。实际上,第一次除去中间三分之一,就除去了所有三进制小数中这样开始的数字:

$$0.1\cdots$$

在第二步中,除去了所有三进制小数中以

$$0.01\cdots \text{或者 } 0.21\cdots$$

开始的数字,以此类推。这样的思考结果表明,确实有某些数剩余下来,即所有这样的数字:它的三进制小数不含有 1,而仅有 0 和 2。例如

$$0.22000202\cdots$$

(数字后面的点代表只有 0 或 2 的任何系列),当然它们中间包括所选区间的右边界点(如 $0.2 = 2/3$ 或 $0.22 = 2/3 + 2/9 = 8/9$)。我们已经决定保留右边界点,但是还有许多,例如二位循环小数 0.20 ,即 $0.20202020\cdots$,如此无限循环,它是一个无穷级数:

$$2/3 + 2/3^3 + 2/3^5 + 2/3^7 + \dots$$

为了找出它的值,考虑将它乘以3的平方,即乘以9。这样第一项就变为 $18/3$,即6。而余下的各项又同原级数一样。因此该级数的8倍是6,我们的数就是 $6/8$ 或 $3/4$ 。

再考察一下我们已经“拿掉”一些数值的区间,即覆盖0和1的整个区间。人们觉得同原先的那组数(包括0和1之间所有数值)相比,保留下的这组数一定是“极少”。但是结果令人吃惊:从某种意义上来说,保留下的一组数仍然像原先那组一样多。实际上我们能一对一匹配,使各自的数成对关联,即每一个原组的数对应一个保留组的确定的数,两组都没有任何数剩余下来(数学家称这为“一一对应”)。它是这样的使人困惑,我相信,许多读者起初会想,他可能听错了这些话,虽然我已尽力使说明清楚些。

怎样来做呢?现在,“保留组”全部由仅含0和2的三进制数来表示。我们举一个一般的例子

$$0.22000202\dots$$

(数字后面的点代表只有0和2中的任何系列)。使这组三进制小数与二进制小数发生关联

$$0.11000101\dots$$

上组数由数字1取代每一个数字2获得。相反地,也可以在任何二进制小数中,将数字1转变成2,得到我们所说的“保留组”中的三进制表示的确定数字。因为现在原组中的任何数,也就是0之1间的任何数,可以由一个而且仅可以由一个^[1]确定的二进制小数表示,所以确实是两组数之间的一一匹配。

[1] 在十进制系统中,根据 $0.1 = 0.09$ 或 $0.8 = 0.79$,显然已经忽略了例子中的无意义小数。

[用实例演示一下这种匹配,可能是很有用处的。例如我的那位裁缝用的二进制小数

$$3/8 = 0/2 + 1/4 + 1/8 = 0.011$$

转换成的三进制对应数为

$$0.022 = 0/3 + 2/9 + 2/27 = 8/27$$

这就是说,原组中的 $3/8$ 对应于保留组中的 $8/27$ 。相反地,先前的三进制数 0.20 , 我们已经得出它为 $3/4$, 相对应的二进制小数 0.10 意味着一个无穷级数

$$1/2 + 1/2^3 + 1/2^5 + 1/2^7 + 1/2^9 + \dots$$

如果用 2 的平方 4 来乘以该级数,就会得到: $2 +$ 原来同样的级数。换句话说,该级数的 3 倍等于 2,该级数等于 $2/3$ 。也就是说,“保留组”的数 $3/4$ 对应(或匹配)于原组的数 $2/3$]

“保留组”的非同寻常之处在于,虽然它覆盖的是不可测量的区间,但是仍然具有非常大的任意连续值域。这种特性的惊人结合,用数学语言可表述为,虽然它是“测量为零”,但“保留组”仍然具有连续体的“潜力”。

我将这种情况展示出来,是为了使你了解连续体有某些不可思议的东西。当我们试图用它对自然作精确描述时,若出现明显的失败,我们也不必太过于惊异。

波动力学的权宜之计

现在我要介绍一种方法,目前物理学家们正使用这种方法

尽力去克服上述失败。人们可能会称其为“紧急出口”，虽然它的提出并未预想那么多，而只是作为一个新的理论。我的所指当然是波动力学（爱丁顿称之为“不是物理理论，而是一个诡计，而且是一个非常好的诡计”）。

情况如下：所观察到的事实（关于光和粒子以及所有各种辐射和它们的相互作用），似乎与在时空中的连续描述这一经典理想相矛盾。（我略提一个例子，向物理学家解释我的观点：玻尔于1913年提出的著名的光谱线理论，必须假定原子从一种状态突然跃迁到另一种状态，在这种跃迁时，它发射几英尺长的一连串光波，包括成千上万的光波，而且它的形成要求有相当长的时间。但没有提供原子在跃迁过程中的任何信息。）

所以，观察事实与在时空中的连续描述不一致。这似乎是不可能的，至少在许多情况下是不可能的。另一方面，根据不完全描述，即根据带有间隙的时空图像，人们不能总结出一个清晰明确的结论。它导致了武断的模糊不清的思想，这正是我们必须全力避免的事情。那么怎么办呢？目前所采用的方法，可能会使你惊奇。这一方法可以概括为：我们确实给出一个在时空中连续而没有任何间隙的完整描述，对某物的这样描述，符合经典理想。但是我们没有声称这个“某物”就是被观察到的或可观察的事实，我们也很少声称这样描述的自然物（物质、辐射等）到底是什么。实际上，我们是在既非被观察到的也非可观察的全部知识中，使用这个图像（所谓的波图）的。

这个波动力学的图像中没有间隙，所以在因果关系中也没有间隙。“波图”符合经典物理对完全决定性的要求。所用数学

方法是场方程,虽然它们有时是高度广义性的场方程。

但是这样的描述有何用处?正如我说的那样,不能确信它可以描述可观察的事实,也不能描述自然物到底是什么。但可以相信,它能给我们关于被观察的事实及它们相互关联的信息。有一种乐观的观点,即:它能给我们关于可观察的事实和相互关联的所有可得到的信息。但这种观点是过于乐观了。它可能正确,也可能不正确,只是因为它在原则上可能满足我们拥有所有可获得的信息的虚荣心。另一方面,它是悲哀的,可以说是认识论上的悲哀,因为关于可观察事实的因果决定性,我们得到的信息是不完全的(一定是某处遗漏了某些信息!)。波动图像中被消除的间隙,又转移到了波动图像与可观察事实之间的联系中。后者不是与前者一一对应,还保留着大量含糊其辞的陈述。而且,像我说的那样,一些乐观的悲观者或悲观的乐观者认为,这些陈述的含糊其辞是本质性的,它们将无助于事。

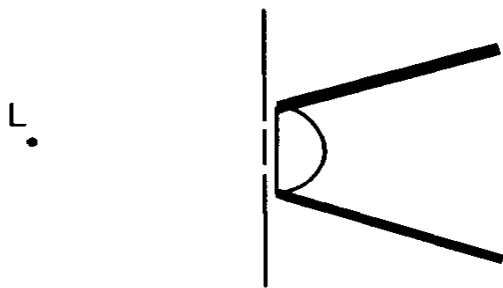


图 8

目前这是必然的情况,我相信我已经正确地描述了它,虽然我非常清楚整个描述都没有事例的、苍白的纯逻辑性的阐述。关于对物质波动理论的谈论,我也惟恐带给你们太多不快的印象。我应该弥补这两点。波动理论不是昨天的产物,也不是

25 年前产生的。它的第一次出现是 1690 年惠更斯提出光的波动理论。在 100 年^[1]的黄金时期里,光波被认为是不可否认的事实,由光的衍射和干涉实验无可置疑地证明,它是实际存在着某种东西。我想,即使今天,许多物理学家(当然不是实验工作者)也不容易赞同这样的看法:“光波实际并不存在,它们只是认识上的波”[引自金斯(Jeans 1877~1946)爵士语]。

如果使用一个显微镜,显微镜的物镜罩着一个带有一对平行狭缝的屏,来观察一个窄细的发光源 L,即一个千分之几毫米粗细的发光的渥拉斯顿线,就会发现(在与 L 共轭的影像平面内)一组彩色条纹,该条纹完全且定量地符合如下观点:已知的彩色光是某一波长的波动,最短的波长为紫色,红光是它的两倍。这是由几十个证明相同观点的实验得出的一个结论。那么,为什么这种波的实在性已经开始被怀疑了呢? 这有两个原因:

(1) 类似的实验曾用阴极射线束来做(而不是用光),因为据说阴极射线显然含有单独的电子,它们能在威尔逊云室产生“轨迹”。



图 9

(2) 有理由假设,光本身也含有单个粒子,称为光子(来自古希腊语 $\phi\omega s$ = 光)。

[1] 不是在紧接着的 100 年,牛顿的巨大影响力抹杀了惠更斯的理论大约有一个世纪。

针对这点,人们可能会争辩,如果想解释干涉条纹现象,在上述两种情况下,引入波的概念仍然是不可避免的。人们还可能争辩说,粒子是无法识别的物体,它们可以被看作像波阵面内的事件那样的爆发,正是那样的事件使波阵面明显易于观察。人们可能会说,从某种程度来说,这些事件是不规则的,这就是为什么两次观察之间没有严格的因果联系。

让我详细解释,为什么在光和阴极射线两种情况下的现象,不可能由单个的、独立的、持续存在的微粒子概念来理解。同时,对于我们描述中所说的“间隙”以及粒子“缺乏独立性”等问题,这也提供了一个例子。

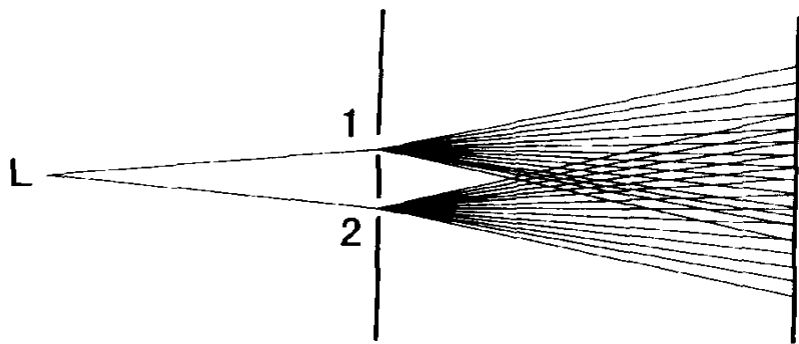


图 10

为论证方便,我们最大程度地简化实验方案。考虑一个很小的、几乎为点的光源,它向各个方向发射微粒。屏上有两个小孔,都带有光闸。这样,先只打开一个小孔,再只打开另一个,然后全打开。屏后有一个成像底版,收集从孔中射出的微粒。成像底版显影后,我没想,若每个都用一粒溴化银显影,它将显现出单个微粒打击的痕迹。这样显影后,在底版上显现出一个黑斑点(这与事实非常接近)。

现在先只打开一个孔,你可能会预期,一段时间后,我们会得到围绕一点的紧密点簇。实际并不是这样的。显然粒子在开孔处偏离了它们运行的直线轨迹。你得到一个很宽的黑色斑点的延伸区域,中间密度最大,较大角度处则变得稀疏。如果只打开第二个孔,很明显你会得到相似的图案,只是围绕不同的中心。

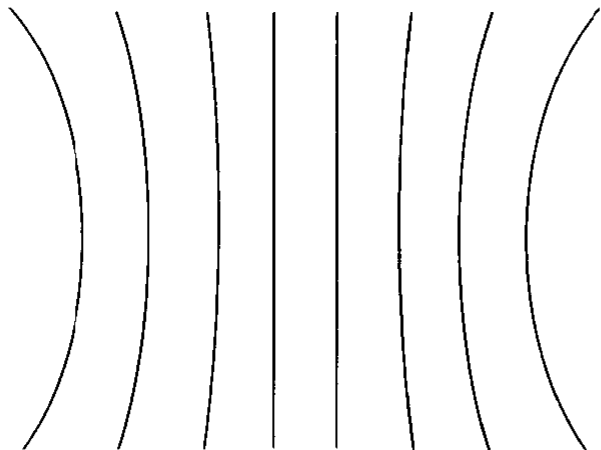


图 11

线条表示点很少或没有点的地方。介于任何两条线之间处,点密度最大。中间的两条直线与开孔平行。

现在同时打开两个孔,底版曝光的时间刚好像前面一样长。这样,你希望会得到什么样的结果呢?如果前面的观点正确的话,是不是来自光源的单个独立粒子飞向其中一个孔,在那里折射后,继续沿着另一条直线前行,直至达到成像底版呢?显然你期望看到先前的那两个图案重叠在一起。这样在两个扇形图案重叠的区域,比如说,如果你所得到的图案的指定点附近,在第一个实验中每单位面积有 25 个点,在第二个实验中

有 16 个点，你会希望在第三个实验中找到 $25 + 16 = 41$ 个点。实际并非如此。如果仍采用这些数目，（为了讨论起见，偶然的增减忽略不计），你可能会找到 81 和 1 之间的任何一个数。这取决于成像底版的确切位置。它由离孔的距离的不同来决定。结果是在重叠区域得到了由稀释条纹分离开的深色条纹。

（注意：数目 1 和 81 是这样得到的）

$$(\sqrt{25} \pm \sqrt{16})^2 = (5 \pm 4)^2 = 81 / 1$$

如果要坚持这样的观点：单个独立粒子连续地自由地飞过这个孔或者那个孔的话，人们就不得不提出一些非常荒谬可笑的假设，即假设在成像底版的某些地方，粒子很大程度上相互摧毁，而在另一些地方，它们又“繁衍后代”。这个观点不仅是荒谬可笑的，而且能由实验来推翻。（使光源变得非常弱，并且将挡板开孔打开很长时间，这样并不使图案改变！）唯一的一个替代说法，是假设飞过第一个孔的粒子，同时以非常不可思议的方式受到第二个孔的影响。

这样，我们似乎必须放弃探索光源的想法，放弃追溯一个粒子的由来的想法。该粒子是通过还原一粒溴化银而显示在成像版上的。我们无法知道撞击成像底版之前，该粒子存在于哪里。我们不能辨别它是通过哪个孔过来的。这是在对可观察事件的描述中一个典型的间隙，也正是粒子缺乏独立性的特征。我们必须以光源发射的球形波的方式来考虑，每个波阵面的部分，通过两个开孔，产生成像底版上的干涉图像——但是这个图像是以单个粒子的形式显现于观察中。

所谓主客体之间障碍的崩溃

用这个例子,我已试图告诉你们,与被我称之为“无间断、连续性描述的经典概念”的旧图景相比,自然的新物理图景是非常复杂的。这是不容否认的。因此就会产生非常严肃的问题:与我们的日常思维习惯相比,这是考察事物的一个新的不同方式吗?它是深深地根植于观察事实中,以至它能被保留下来,永远不再被抛弃吗?或者,这并不是客观自然的图景,而是在我们目前对自然的了解已能达到的阶段上,人类心智的构建的一个标志性新图景?

这是一个极难回答的问题,因为甚至像这样相互对立的概念——客观自然和人类心智——究竟意味着什么,也不是完全清楚的。一方面,我无疑构成了自然的部分。而另一方面,客观自然仅作为心智的一种现象为我所知。在考虑这个问题时,我们必须记住的另一点是:人们非常容易被欺骗,将后天获得的思维习惯,作为由我们心智施加在关于物理世界的任何理论上的绝对先决条件。这方面著名的例证是康德,大家知道,他按照自己所知道的,将空间和时间定义为我们心理直觉(Anschauung)的形式:空间即外部直觉的形式,时间即内部直觉的形式。整个19世纪的大多数哲学家都接受了他的这个观点。我认为康德的观点虽然不完全错误,但它的确太僵化,当新的可能性出现时,它需要被修正。例如,空间可能是(大概就

是)本身闭合的,没有边界;两个事件可能以这样的方式发生,就是它们中的任何一个事件,都可能会被看作为早于另一个(这是爱因斯坦的狭义相对论中最为奇异新颖的地方)。

不管这个问题的表述是多么糟糕,我们还是回到该问题上:在不容置疑的事实中,真的不可能发现时空中一个连续的、无间隙的、不间断的描述吗?目前物理学家们流行的观点认为,情况就是这样。关于这一点,玻尔和海森堡(Heisenberg, 1901~1976)提出了一个创造性的理论,它是那样的容易被解释,以至于它已进入到有关这一问题的最普及的论文中。但我要说这非常不幸。由于它的哲学含义常被误解,所以我将反驳它,但首先我必须简单介绍一下它的内容。

它的观点是这样的:对所给的自然客体(或物理体系),若没有同它“取得接触”,我们则不可能作出有关它的任何实际描述。这里“接触”是指实际的、物理上的相互作用。即使仅仅是“观看物体”,物体也必须被光线击中,并且光线被反射到眼睛里,或者进入到某种观察仪器中。这就是说,观察它时物体被扰动,对严格的孤立物体,你不能获得有关它的任何知识。该理论继续声称,这种扰动既不是不相干的,也不是完全一目了然的。这样,在进行了一番辛勤观察后,物体处于这样一种状态,这种状态的某些特征(最终观察到的那些)被了解了,但是其他的特征(被最终观察扰动的那些)未被了解,或者未被准确地了解。这种情形,被用来解释为什么对物理客体的完全的、无间隙的描述是不可能的。

即使承认这些推论,到目前为止,显然它们也只能告诉我

这样的描述实际上不可能完成。但是这些推论不能使我相信：我没有能力在头脑中形成一个完整的无间隙的模型。根据这个模型，在观察的不完全性所允许的某种程度上，我所观察到的每个事件都能被正确地推导或预见。这种情形可能就像惠斯特纸牌游戏^[1]开始时那样。根据游戏规则，我只知道全部 52 张牌的 $1/4$ ，然而我还知道，其他的游戏者也只有确定数量的 13 张牌，它们在游戏过程中不会改变。其他任何人都不会有红桃王后（因为我有这张牌），有 6 张梅花我不知道是什么（因为我刚好有 7 张梅花）——如此类推。

[1] 类似桥牌的一种游戏。

我认为这样的解释本身就说明：世界上有完全确定的物理客体存在，但是我绝不能全部了解它。然而，这完全不是玻尔和海森堡以及追随者们的原意。他们认为客体绝不能独立存在于观察主体之外。他们认为，近来物理学方面的发现已经推进到主体和客体之间不可思议的边界，这个边界已经变得根本不是泾渭分明的了。我们开始懂得，我们观察一个物体时，绝不能不受我们观察活动的影响；我们开始懂得，由我们完善的观察方法，再加上对实验结果的思考而带来的影响，主观和客观之间的神秘界限已经打破。

这些观点出自也许可以被称为量子理论先驱的两位科学家，当然值得特别重视。而且，几位其他知名科学家也不拒绝他们的观点，并似乎相当认同。这一事实，使他们的观点更增强了说服力。但是在讲述这些情况时，我也不能隐瞒某些异议。

从纯人类观点来看，我认为我对科学所具有的重要性并未抱有任何偏见。在本讲演的最初标题中我已经表达了这一观

点,并在序言中作了解释。我认为,科学是需要我们努力回答的一个宏大的哲学问题的组成部分。这个哲学问题含有其他所有问题,其中之一是普罗提诺(Plotinus, 205 ~ 270)简洁表述的:我们是谁? 此外我认为,这个问题不仅是科学的任务之一,而且是唯一要真正重视的科学任务。

尽管如此,我并不认为对主客体之间的关系以及它们之间差别的真正含义进行深奥的哲学探索,要取决于用称重仪、分光仪、显微镜、望远镜、盖革-米勒计数器、威尔逊云室、成像底板、测量放射性衰变装置以及难以归类的东西进行物理测量和化学测量的定量结果,这是我的第一个异议。很难说清我不相信它的原因,我感觉在所应用的手段和被解决的问题之间,存在某些不相称。而对于其他学科,我并没感到如此缺乏自信心,特别是对于生物学尤其是遗传学,以及有关进化方面的事实。但此时此地我不讨论这个问题。

另一方面(我的第二个异议),每种观察既取决于主体也取决于客体,它们不可避免地相互交织,这样的观点根本不是新的,它几乎像科学本身一样早就存在。虽然对来自阿布德拉的两位大人物普罗塔哥拉和德谟克里特很少报道和引用,而且他们与我们相隔 24 个世纪,但他们的观点流传了下来。可以说,他们两人都以各自的方式,坚持认为所有我们的感觉、知觉和观察都强烈地带有个人的主观色彩,不能传达自在之物的本性(他们之间的区别在于,普罗塔哥拉舍弃自在之物,对他来说,唯一真实的是我们的感觉,而德谟克里特有不同看法)。从那时起,无论何时科学存在,这个问题就被提出来。我们遵循笛卡

儿、莱布尼茨和康德对它的看法,可能已有几个世纪了。我们将不再这样做了。但是为了避免被指控对当今量子物理学家不公正,我必须提及一点。我说过,他们关于在知觉和观察中主体与客体不可避免地交织着这种陈述,几乎不是新东西。但是他们能够提出例证,说明其中与这个问题有关的某些东西却是新的。我认为,在近几个世纪中,当讨论这个问题时,人们头脑中最可能产生两种情况,即(1)客体在主体中引起的直接物理印象;(2)感受这一印象的主体状态。与此相对照,用现在使用的各种概念来分析,两者之间直接的、物理的、因果性的影响被认为是相互的。据说,也存在一种从主体方加于客体方的不可避免和不可控制的影响。这是一个新的观点。而且我要说,无论如何,它是更加恰当的。因为物理作用总是相互之间的作用,它总是相互的。我仍有怀疑的只是:将物理上相互影响的两个系统之一定义为“主体”是否恰当。因为观察者的心智不是一个物理系统,它不能与任何物理系统相互作用。因而,只对于观察者的心智保留“主体”这个术语,可能会更好些。

原子或量子——旧名声的解咒, 避开连续体的纠缠

尽管如此,用一点时间尽量从各个角度来考察一下这个问题,似乎仍然是值得的。在本讲演中我先前已经谈及的观点实际所含的意思是这样的:我们目前在物理科学中的难题,与众

所周知的连续体概念的内在复杂性有密切联系。但这并不能说明太多的问题。它们是怎样密切联系的呢？它们相互之间的联系到底是什么呢？

如果看一下最近半个世纪以来物理学的发展，你就会感到，自然界的不连续图景被强行加给我们，与我们的意愿截然相背。我们似乎对连续体情有独钟。马克斯·普朗克（Max Planck, 1858 ~ 1947）对能量不连续交换的观点非常惊讶。这个观点是他为解释黑体辐射中的能量分布而提出的（1900年）。他做了很大努力来削弱这个假说的影响，并且，希望有可能彻底摆脱它，但是终未成功。25年后，波动力学的发明者们，有一段时间沉浸在一种热切的希望中，以为自己为返回古典的连续性描叙铺平了道路。但这个希望再次被证明是靠不住的。自然界本身似乎拒斥连续性描述，而在涉及连续体时，这种拒斥好像与数学家的悖论（*aporia*）没有任何联系。

这就是你从近 50 年中得到的印象。但是量子理论还要回到 24 个世纪前留基伯和德谟克里特那个时代，他们发现了第一个不连续体——处于虚空中的孤立原子。我们有关基本粒子的概念，从历史上说是承袭了他们的原子概念，从概念上说是由他们的原子概念派生出来的。我们只是坚持了这个观点。这些粒子现在被证明是能量子，因为正如爱因斯坦 1905 年发现的那样，物质和能量是同一的。所以不连续体的观点是非常古老的。它是怎样产生的呢？我希望能够证实：它源于连续体的复杂性，可以说是对付这种连续体的一种武器。

古代原子论者是怎样想到物质的原子论呢？现在，这个问

题不仅仅只有历史意义，而且也与认识论紧密相关。这个问题有时以下面这种非常使人吃惊的方式提出来：那些思想家，其物理定律方面的知识十分贫乏，实际上对所有的相关实验事实全然不知；他们是怎样撞上了物质实体组成的正确理论的呢？有时你会发现人们对这个“幸运的撞见”是这样的勉为其难，以至于断言它是一个偶然事件，而且拒绝将任何功劳归于古代原子论者。人们声称，古代原子论者的原子理论是完全没有根据的猜想，可能刚好是一个误打误中的结果。更无须说，得出这个奇特结论的应该是一位科学家，而绝不该是古代学者。

虽然我反对这种说法，但是我必须回答这个问题。这并不难。原子论者以及他们的想法，并非空穴来风。在他们之前，是早于一个多世纪前的米利都的泰勒斯开始的重大进展。他们是那些令人敬畏的爱奥尼亚人的延续。在这个行列中，紧接着的继承者是阿那克西米尼。他的基本学说是极其强调“稀释和凝聚”的重要性。从对日常生活经历的仔细思考中，他总结出了一个论点：每样物质都能呈现出固态、液态、气态和“燃烧状态”，这些状态之间的改变并不意味着本质的改变，而只引起几何形状的改变，可以说是相同量的物质扩展成越来越大的体积（稀释），或者以相反的变化方式，被缩小或压缩成越来越小的体积。这个论点绝对是说到点子上了，若将其引入到现代物理学中，不作任何修改就能被采用。而且，它当然不是一个无根据的猜想，而是仔细观察的结论。

如果认同阿那克西米尼的观点，你自然会想到，物质性质的改变，比如说稀释，一定是由物质的一些组成部分相互分开

更大的距离引起的。但是，如果你考虑物质是由无间隙的连续体形成的，去想像这样的情形是极其困难的。什么东西该远离什么东西呢？那个时代的数学家们想到了由点组成的一条几何线段，如果只考虑这条线段可能没有问题。但如果它是一个实体的线段，并且你开始延伸它，它的那些点会不会相互离远，而在它们之间留有间隙呢？因为这种延伸不能产生新的点，同一组点不能覆盖更大的区间。

存在于连续体中不可思议的特征是一个难题。最容易摆脱它的方式，是原子论者采用的，即一开始就将物质看作是由孤立的“点”构成的，或更确切地说是由微小的粒子构成的。这些粒子在稀释时相互远离，在凝聚时彼此靠近，这期间保持自身不发生改变。保持自身不变是这种观点附带生成的重要观点。如果没有这个观点的支持，物质在这些过程中保持本质不变的论点，仍将处于非常困窘的境地。原子论者能够告诉我们它的含义：粒子保持不变，只是它们的几何构象改变了。

这样，当前这种形态的物理科学，是古代科学的直接产物，是古代科学发展的继续。似乎从一开始，它就被一个愿望所引导：避免连续体概念中所固有的模糊性。它不可靠的一面，在古代比现代乃至最近更易感觉到。我们对于连续体的无能为力，在目前量子理论的困难中反映出来，但这种无能为力不是近来才出现的。它是科学诞生的教母，然而她却是邪恶的，应该说就像童话《睡美人》中的第十三个妖精一样。由于原子论这样的天才发现，她恶毒的符咒被长期抑制了。这就解释了为什么原子论是如此成功、如此持久且必不可少。这可不是“实际上对其一

无所知”的思想家们幸运的猜想,它是强有力的符咒破解术。因此,只要破解符咒时存在困难,就不能将它舍弃。

基于此,我并不是说原子论将永远被抛弃。它的无价的发现,尤其是热统计理论,当然绝不会被放弃。没有谁能预见未来。原子论本身正面临一个严重危机。原子,现代原子,即终极粒子,必须不再被当作可辨识的个体。这与有人曾设想的原子的初始概念有较大的偏离。我们必须对任何事情有所准备。

物理上的不确定性给了自由意志论一个机会吗?

在本书的前面,我简单触及了那个老难题,就是有关物质事件的决定论的观点,同现代语言中所谓的自由意志(拉丁语 *liberum arbitrium indifferentiae*)之间的明显矛盾。我想大家都知道我的意思:由于精神生活明显地与体内生理的事件有非常紧密的联系,尤其是与头脑内发生的事情联系更加紧密,因而,如果后者仅仅严格地取决于物理和化学的自然规律,那么,当我以这种或那种方式来决定自己的行为时,我所具有的不可剥夺的感觉又如何呢?对于我确实采取的决定,我的感觉又起什么作用呢?我所做的每件事情,不是我头脑中事件的自然状态(包括外部物体所引起的变更在内)事先就机械地确定的吗?我的自由和自制能力的感觉不是骗人的吗?

作为真正的悖论,这确实给了我们深刻的印象。它起初是

德谟克里特想到的。他完全认识到了它,却置之不理。我想这非常明智。他完全认识到了这点。他坚持将“原子和虚空”作为了解客观世界的唯一合理方式。我们对他坚持的观点有明确的看法。可以概括为:他也认识到了原子和虚空的整个图像,是人们头脑根据感性认识而形成的,而不是其他什么东西;他也阐述了其他看法,即关于任何事物本身到底是什么,我们一无所知,遥远的真理仍存留于沉沉的黑暗中;这几乎与康德如出一辙。

伊壁鸠鲁借用了德谟克里特的物理理论(顺便说一下,他没有表示任何谢意)。然而,他不是很明智。他非常热心地向他的信徒们传授了一个公正合理的、不容置疑的、符合道义的看法。他调和物理学,引起了著名的(或臭名昭著的)转变。这使人强烈地联想起物理事件的“不确定”这一现代观点。这里我不想谈论细节,只须说他以一种非常孩子气的方式摆脱了物理上的决定论就足够了。当然他不是以任何实验为基础,因而没有任何结果。

这个问题本身从未离开我们。它非常突出地表现出来,至少是作为一个非常类似的逻辑结构问题表现出来,或者如希波的圣·奥古斯丁(St Augustine of Hippo, 354 ~ 430)^[1]所认为的,是一个神学上的悖论。部分自然法则被全知全能的上帝所采用。但是因为对信奉上帝的人而言,自然法则显然就是上帝的法则。所以我认为,说它是非常类似的同一个问题是没有错误的。

众所周知,圣·奥古斯丁的最大难题是:上帝是全知全能的,上帝不知道或不愿意的事情,我们都不能做;我们所能做的

[1] 圣·奥古斯丁 [395 ~ 430] 基督教哲学家,拉丁教父的主要代表,罗马帝国北非领地希波[今阿尔及利亚的安纳巴]教区主教。

事不仅要上帝同意,而且要上帝决定。那么我怎样对所做的事承担责任呢?我推测,对这样的问题,宗教态度最终一定是:我们在此面对一个无法看穿的深邃的奥秘,但是我们当然不必以拒绝承担责任来试图解决这样的问题。我是说,我们绝对不要试图做,或者最好不要去试,因为我们会遭到惨败。自制能力是生来就有的,没有任何人能丢弃它。

让我们还是回过头来,考察这个问题的初始形式,以及物理上的决定论在其中所起的作用。自然,当今物理学上的所谓“因果律的危机”,似乎是引发了可使我们消除悖论的热切期望。

所谓的不确定性,能允许自由意志乘虚而入吗?也就是说,由自由意志决定这些事件,而自然法则处于一种非确定状态。初看起来,这个愿望是显而易见而且是可以理解的。

以这种原始形式,人们进行了一定尝试,而且在某种程度上,德国物理学家约尔丹(Pascual Jordan)提出了一个观点。我认为它在物理上和观念上都不是可行的解决办法。说到第一点:根据我们当前的观点,虽然量子定律使每一单个事件处于非决定状态,但是当同样情况一次又一次发生时,它们预见了一个相当确定的统计值。如果这些统计值受到任何因素的干扰,则这种因素就扰乱了量子力学定律,就像在前量子物理学中,与严格的机械因果律相冲突一样令人反感。现在我们知道,同一个人,对同一精神状态有精确的反应,不存在任何统计值。这一法则是,在相同状态下的同一个体,会再次精确地以同一方式行动。(应该注意的是,在精确的同一状态下,这

并不意味着犯人或者瘾君子不能由说教、示范或其他什么强大的外部影响而转变或治愈恶习,但是这当然意味着状态改变了。)我们的结论是:约尔丹的假设,即自由意志的直接介入能够填补不确定性的空白,即使以量子理论所能接受的形式,也的确与自然法则相冲突。以这样的代价,我们当然能有任何东西,但这不能解决进退两难的困境。

德国哲学家卡西雷尔(Cassirer, 1874~1945, 从纳粹德国逃亡, 于1945年在纽约逝世)非常强调道义上的反对理由, 他从约尔丹的观点延伸而来的批评观点, 是以完全熟悉物理学的状况为基础的。我下面将对它作简单概括。我认为, 它的意思是这样的: 人的自由意志包括它的最相关的部分, 即人的伦理道德行为; 假定就像当代大多数物理学家认为的那样, 时空中的物理事件实际在很大程度上不是严格地被确定, 而是源自于纯机遇, 那么在物质世界中, 这种事件的偶然性一面, 一定被用来作为与人的伦理行为相关联的最终物理现象(卡西雷尔语); 因为这绝不是偶然的, 它由从最低级到最崇高的动机强有力地决定, 这些动机包括贪婪、憎恶、对同类生命的真挚的爱或虔诚的宗教信仰。卡西雷尔清晰的阐述, 使人们强烈地感到, 将自由意志包括伦理道德建立在物理偶然性的基础上是多么荒谬, 以至于先前的难题, 即自由意志和决定论之间的对立, 在卡西雷尔对反对观点的重击下削弱甚至几乎完全消失了。“如果这种伦理自由的观念和真实含义同可预言性势不两立”, (卡西雷尔补充道)“即使可预言性的削弱程度仍被量子力学承认, 它也完全足以摧毁伦理自由”。实际上, 人们开始怀疑, 被信以为

真的悖论是否确实这样使人吃惊,物理上的决定论与意志的心理现象也许并非是十分匹配的关联物。心理现象总是不容易“从外部”预测,而通常完全“由内部”确定。在我看来,整个争论最有价值的结果在于:当我们认识到,将物理上的偶然性作为伦理道德的基础是多么不恰当时,最终标准变为支持自由意志与物理上决定论的可能的相互协调。人们能够详细阐述这一点。可以引用诗人和小说家的大量文章来证明这点。在高尔斯华绥(Galsworthy, 1867~1933)的小说《黑色的花》(第一部分, 13章第2节)中,夜晚年轻男子零零散散的想法刚好就是这样:“但是情况就是这样——如果事物不是刚好呈现原样和在原地,你绝不能想到它们会是什么样的,你也绝不会知道将发生什么事,然而,当它出现时,又好像别的事情都不可能会出现。这是奇怪的——你能做任何你想做的事,直到你完成它。但是当你已经做了,你当然就知道,你也许总是不得不那么……。”华伦斯坦(Wallenstein)的《狐》中有下面的著名章节(第二章第3节):

你要知道:人的思想和人的行为
 不像大海的浪花无目的地奔腾
 他的内心世界,他的微观宇宙,
 是深邃的井
 人的思想和行为从井中永恒地喷涌
 它们如同树上的果实一样必不可缺
 不会由于变幻莫测的机遇而改变

一旦进入我探索着的人们的深深内心

我将事先把他的意志和行为告诉你

从上下文来看，这几行诗确实暗示了华伦斯坦对占星术的虔诚信仰。我们对占星术并无兴趣。但是，占星术所具有的诱惑力，它不可抗拒的吸引力，几十个世纪来对人们心灵的影响，恰好证明这一事实：我们不准备将命运看作纯机遇的结果，即使或者就是因为命运也在很大程度上取决于我们在正确的时刻采取正确的决定（我们通常缺少为这一目的所需的全部信息，这正好使占星术兴起有了可乘之机！）。

根据玻尔观点所作的 预言遇到的障碍

让我们回到我们的主题。为解释这个难题，玻尔和海森堡做了一个更加认真而有趣的尝试。其观点我在上面已经提及。它是说，在观察者和被观察物理客体之间，存在一种不可避免的和不可控制的相互作用。他们的推论简述如下：所谓的悖论在于，根据机械论观点，通过取得一个人的身体包括大脑内所有基本粒子的结构和速度的确切知识，人们能预见其主观能动的行为，因此这些行为也就不再是人们所认为的那样是主观能动的了；我们不能实际获得这种详细知识这一事实，也于事无补，甚至理论的预见性也使我们吃惊。

对此,玻尔的回答是,这种知识在理论上不能得到,即使在原则上也行不通。因为这样确切的观察将引起对“客体”(人的身体)的强烈干扰,以致于会将其分离成为单个的粒子,实际上会完全杀死他,甚至不留下尸体。无论如何,在“客体”远未展现任何自主行为的状态之前,就不可能对行为作出任何预见。

重点当然是“原则上”一词,相关知识实际上不能被获得,甚至对最简单的生物机体也做不到,更不用说像人这样更高级的动物了。即使没有量子理论和不确定关系,这一点也是显而易见的。

玻尔的想法无疑是有趣的,然而我要说,我们更多地是受到它的责难,而不是像在某些数学证明中那样被说服:你必须承认A和B,然后推知C和D等等,你不能拒绝任何一步,最后推知有趣的结果Z。你必须承认它,但是不能看到它实际是如何产生的,它的证明过程没有任何这方面的线索。在目前情况下,我要说:玻尔的想法表明,目前物理学上的观点——主要是不存在严格的因果性(或由于不确定关系)——原则上阻碍了会引起异议的预见性。但是你不能知道这是怎样产生的。由于玻尔的推理与缺少可观察量的严格因果关系是密切相关的,人们甚至怀疑它只是约尔丹观点的再现。但它更精心地伪装起来,以便避开与卡西雷尔的争论。

人们可以制造一种像这样的状态。实际上,我想,虽然玻尔是我所认识的人中最可亲的人之一,但对他提出的“观察会杀死被观察对象”,我必须谴责这种不必要的残酷。我不知道这个假设用于什么目的。根据量子动力学,它绝不会给我们提供关于所

有粒子的结构和速度的完整组合。因为按照目前的观点,这是不可能的。在经典物理学中,这种完备知识的对应物是量子物理学中所谓的最大限度观察,它产生了所能得到的,而且是有意义的最完备知识。按照目前所接受的观点,没有任何东西能阻止我们获取关于生命体的这种最完备知识。尽管我们非常清楚地知道,实际上它不能被获得,但在原则上我们必须承认这种可能性。这种状况与经典物理学中的完备知识完全相同。而且,完全像在古典物理学中那样,原则上,你能从现在的最大限度的观察中所获取的最完备知识,推导出以后任何时候的最完备知识(当然,你必须还要获得那些同时作用于你的客体上所有因素的最完备知识。原则上这是可能的,而且也与经典机械论物理中的情形完全类似)。根本区别仅仅在于,晚些时候的所谓最完备知识,可能使你对晚些时候客体的实际被观察到的行为的明显特征存有怀疑。越是这样,所耗去的时间越长。

这样似乎是,玻尔的见解说明:生命体行为在物理上的不可预见性,仍然恰恰来源于量子理论所坚持的严格因果性的缺乏。我认为,根据前面概括的理由,不管这种物理上的不确定性在有机生命体中是否起到相应的作用,我们必须坚决不让它成为有机生命体主观能动行为的物理对应物。

最后结论是,量子物理学与自由意志问题没有任何联系。如果存在自由意志这样的问题,那么物理学最新的发展也不会对它有丝毫促进。再次引用卡西雷尔的话:“这样就完全清楚了……在物理因果性概念方面的可能的改变,不会对伦理道德有任何直接影响。”